

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

**ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА имени А. Н. БЕКЕТОВА**

**ОСНОВЫ ТЕОРИИ СИСТЕМ:
ИННОВАЦИОННАЯ АВТОРСКАЯ
ТЕХНОЛОГИЯ ОБУЧЕНИЯ
«ПАРТНЕРСТВО»**

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Под общей редакцией К. А. Метешкина

**Харьков
ХНУГХ им. А. Н. Бекетова
2016**

УДК [001.000.0/9:37.011.32](075)
ББК 74.044.3я73-6+74.484.4я73-6
О-75

Авторы:

Метешкин Константин Александрович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры геоинформационных систем, оценки земли и недвижимого имущества ХНУГХ им. А. Н. Бекетова;

Конь Даниил Алексеевич;

Ахмедова Рамида Халидовна;

Логачева Дарья Андреевна;

Левченко Анастасия Романовна;

Рифаи Дианна Бассманова;

Демура Мария Алексеевна;

Бриндак Лидия Олеговна;

Минасян Жан Каренович

Рецензенты:

Н. Ф. Хайрова, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры интеллектуальных компьютерных программ Национального технического университета «ХПИ»;

В. М. Нагаев, доктор педагогических наук, профессор, профессор кафедры менеджмента организаций Харьковского национального аграрного университета имени В. В. Докучаева

Рекомендовано к печати

*Ученым Советом ХНУГХ им. А. Н. Бекетова,
протокол № 6 от 25. 12. 2015 г.*

О-75 Основы теории систем: инновационная авторская технология обучения «Партнерство»: учеб. пособие / К. А. Метешкин, Д. А. Конь, Р. Х. Ахмедова и др.; под ред. К. А. Метешкина; Харьков. нац. ун-т гор. хоз-ва им. А. Н. Бекетова. – Харьков : ХНУГХ им. А. Н. Бекетова, 2016. – 236 с.

Основу учебного пособия составляют сведения об особенностях построения сложных систем, а также о методах и моделях системного анализа. Учебное пособие является результатом совместной работы преподавателя и студентов, которые изучали дисциплину «Основы теории систем» в рамках инновационной технологии обучения «Партнерство». Оно предназначено для студентов, желающих глубже изучить методы и модели формального представления сложных систем, и для преподавателей, которых заинтересует авторская технология обучения «Партнерство».

УДК [001.000.0/9:37.011.32](075)
ББК 74.044.3я73-6+74.484.4я73-6

© К. А. Метешкин, Д. А. Конь, Р. Х. Ахмедова,
Д. А. Логачева, А. Р. Левченко, Д. Б. Рифаи,
М. А. Демура, Л. О. Бриндак, Ж. К. Минасян, 2016
© ХНУГХ им. А. Н. Бекетова, 2016

СОДЕРЖАНИЕ

	ВВЕДЕНИЕ.....	5
1	СВЕДЕНИЯ О ПРЕПОДАВАНИИ ДИСЦИПЛИНЫ.....	11
	1.1 Технология обучения «Партнерство».....	11
	1.2 Синергетический эффект технологии «Партнерство».....	18
	1.3 Рекомендации редактора коллегам преподавателям.....	22
2	ОСНОВЫ ТЕОРИИ СИСТЕМ.....	24
	2.1 Возникновение и развитие системных идей.....	24
	2.2 Основные понятия теории систем.....	34
	2.3 Свойства систем.....	42
	2.4 Система как объект исследования. Классификация систем.....	59
	2.5 Информационные и интеллектуальные системы.....	69
	2.6 Зачем нужна математика при изучении сложных систем?.....	75
	2.6.1 Математические основы исследования сложных систем.....	75
	2.6.2 Общие сведения о математических основах исследования сложных физических (механических) систем.....	78
	2.6.3 Общие сведения о математических основах исследования сложных энергетических систем.....	84
	2.6.4 Общие сведения о математических основах исследования кибернетических систем.....	88
	2.7 Формальные языки представления и исследования сложных организационно-технических и социальных систем.....	90
	2.7.1 Теоретико-множественный язык описания и исследования социальных и социально-технических систем.....	90
	2.7.2 Основные понятия алгебры отношений и теории графов.....	97
	2.7.3 Формальные системы как логическая основа представления знаний в системах с искусственным интеллектом.....	112
	2.7.4 Формальные представления сложных систем в теории категорий и функторов.....	122
	2.7.5 Примеры использования теоретико-множественного описания в прикладных лингвистических информационных технологиях.....	124
	2.7.6 Примеры использования методов метаматематики для описания пространственных отношений в геоинформационных системах.....	128
	2.8 Методы оценивания сложных систем.....	133
	Контрольные вопросы для самопроверки.....	142

3	СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОЗНАНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ.....	144
	3.1 Проблемная ситуация как абстрактная система.....	144
	3.2 Пример математической постановки научной проблемы с индексацией ее решения.....	154
	3.3 Принципы и методы системного анализа.....	161
	3.4 Информация и проявление ее свойств в сложных системах.....	167
	3.5 Сложные информационно-управляющие системы и их архитектура.....	181
	3.6 Моделирование сложных систем.....	191
	3.6.1 Понятие «модель» и «моделирование».....	191
	3.6.2 Виды моделей систем.....	192
	3.6.3 Модели логики и динамики развития и функционирования сложных систем.....	197
	3.7 Системно-синергетический подход как метод исследования самоорганизующихся систем.....	202
	3.8 Пример системно-синергетического подхода в исследовании образовательных систем.....	204
	Контрольные вопросы для самопроверки.....	214
	ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	216
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	227
	ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	231
	Дополнительные источники информации.....	234

ВВЕДЕНИЕ

В наше время, когда истина скрыта столькими покровами, а обман так укоренился, распознать истину может лишь тот, кто горячо ее любит.

Блез Паскаль

Авторы данного пособия горячо, как и Блез Паскаль, любят истину и кроме того, придерживаются тезиса К. Маркса: «Практика – критерий истины». Предпосылкой создания данного учебного пособия являются теоретические исследования, проведенные в период 2000 – 2014 гг. в сфере обучения студентов на основе интеллектуальных информационных технологий. Естественное желание редактора данного пособия апробировать свои теоретические исследования и показать на практике эффективность и перспективность грамотного и продуктивного использования WEB-технологий в обучении студентов.

Соавторами настоящего учебного пособия являются студенты, изучавшие дисциплину «Основы теории систем», что на первый взгляд, кажется противоестественным явлением. Студенты должны использовать пособие с целью обучения, а не участвовать в его формировании – такова традиция. В тоже время нельзя пройти мимо фактов, когда в годы учебы в университетах студенты добивались выдающихся научных результатов. Например, Исаак Ньютон будучи студентом предложил метод разложения функций в бесконечный ряд (бином Ньютона); выдающийся математик Леонардо Эйлер, который за свои математические способности в 13 лет был зачислен в университет; Эварист Галуа, который самостоятельно на 3 курсе изучил работы Лежандра и Лагранжа по решению алгебраических уравнений, теории аналитических функций и дифференциальному исчислению, и на этой базе разработал основы Высшей алгебры; Чарлз Герберт Бест (канадский медик и физиолог), который за работы, сделанные в студенческие годы, был представлен к Нобелевской премии за выделение гормона инсулина, и других выдающихся ученых, которые отмечены на странице <http://kaf-gis.kh.ua/vydayushchiesya-studenty-mira> сайта кафедры Геоинформационных систем, оценки земли и недвижимого имущества.

С целью показать творческую работу студентов, которые являются соавторами данного пособия в приложениях А, Б, В представлены отдельные их предложения по совершенствованию учебного материала дисципли-

лины, а также конкурсные дизайнерские работы по оформлению обложки настоящего пособия.

В приложении В можно заметить, что предлагалось назвать учебное пособие «Основы теории систем глазами студентов». Такое название, по мнению авторов пособия хорошо отражало содержательную часть учебного материала и фактические учебные действия студентов в соответствии с процедурами технологии обучения «Партнерство». Студенты 21 века в свои студенческие годы могут проявить себя в учебе и творчестве и быть примером подражания для других студентов – в этом первая и важная особенность данного пособия.

Второй особенностью данной работы является то, что она дуальна по назначению. С одной стороны, большая часть содержательного материала предназначена для обучения студентов в рамках дисциплины «Основы теории систем», с другой стороны, учебное пособие предназначено и для научно-педагогических работников, которые желают перенять инновационный метод обучения в рамках технологии «Партнерство», основные процедуры которой приведены в первом разделе.

Третьей особенностью учебного пособия является размещение содержательной части учебного материала в виртуальном пространстве, где создана модель учебного плана бакалавра, которая может содержать аналогичные пособия по другим дисциплинам и обеспечивать самостоятельное изучение содержательного материала в рамках учебного плана за счет организации соответствующих гиперссылок. Наглядно модель учебного плана обучения бакалавра приведена на странице сайта кафедры <http://kaf-gis.kh.ua/putevoditel-po-specialnosti-geoinformacionnye-sistemy-i-tehnologii>.

К особенностям данного пособия можно отнести и способ его изучения. Первый раздел предназначен для преподавателей, которые пожелают воспользоваться идеей технологии «Партнерство» и оформить преподаваемую ими дисциплину по аналогии в виде бумажного варианта и в виртуальном пространстве с расширением учебного материала за счет Интернета. Второй и третий разделы пособия предназначены для студентов, причем изучение учебного материала п.п. 2.1 – 2.5 и п.п. 3.3 – 3.6 полезны им для формирования своих собственных систем профессиональных знаний по специальности обучения. В учебное пособие специально введены подразделы п.п. 2.6 и п.п. 2.7, которые отвечают на вопрос: Зачем нужна

математика при изучении сложных систем? Естественно, что многообразие сложных систем и математического аппарата, описывающего их особенности, развитие и функционирование не позволяет в ограниченных рамках учебного пособия представить их в полном объеме. В качестве основных выбраны физические (механические), энергетические, кибернетические и социально-технические системы. Важно, что учебный материал данных подразделов содержит примеры применения, того или иного математического аппарата для описания, того или иного класса сложных систем. Изложения некоторых понятий метаматематики – теории категорий и функторов, топологических алгебр, ленивый студент может пропустить, мотивируя это тем, что такая математика не предусмотрена учебными планами, а целеустремленный студент, который желает «докопаться» до **истины**, как это делал в свое время Блез Паскаль, может расширить свои познания в формальном представлении абстрактных систем.

Несколько слов о гиперссылках. Одной из особенностей данного учебного пособия является использование авторами трех видов анафорических ссылок. Это обычные ссылки, заключенные в квадратные скобки, которые отсылают читателя к использованным и дополнительным источникам информации. Ссылки, заключенные в фигурные скобки, отсылают читателя либо к электронным дополнительным источникам информации, либо к электронным словарно-справочным средствам. Третий вид ссылок (гиперссылок), помеченные тремя буквами «МУП» (Модель Учебного Плана), отсылают читателя к содержательной части (электронной части) другой дисциплины, предусмотренной соответствующим учебным планом, обеспечивая при этом логическую связь между дисциплинами учебного плана в рамках его структурно-логической схемы. Такая система ссылок в виртуальном варианте обуславливает нелинейность процесса самостоятельного изучения учебного материала, что привело к введению в учебный материал данного пособия отдельных понятий системно-синергетического подхода.

Данное учебное пособие является результатом педагогической инновационной технологии, которая получила название «Партнерство». Пособие написано при участии студентов **Д. А. Конь, Р. Х. Ахмедова, Д. А. Логачева, А. Р. Левченко, Д. Б. Рифаи, М. А. Демура, Л. О. Бриндак, Ж. К. Минасян** Харьковского национального университе-

та городского хозяйства имени А. Н. Бекетова, изучавших дисциплину «Основы теории систем».

Редактор выражает искреннюю благодарность своим партнерам-студентам по технологии обучения и соавторам по написанию учебного пособия за их творческий учебный труд, связанный с решением непростых интеллектуальных задач, которые возникали при отработке учебных процедур технологии обучения «Партнерство». Вместе с этим, предоставить им возможность сделать соответствующие посвящения результатов своего труда близким, друзьям и знакомым людям, достойных такого внимания с их точки зрения. Так как очевидно, что студенты не имеют большого опыта составления посвящений, то показываю пример выражения внимания и любви к маленькому человечку – своей внучке.

Моему дорогому, любимому и светлому человечку, моей внучке Машеньке Валевиц посвящаю данную работу.

Редактор и руководитель студенческого
коллектива, автор технологии обучения
«Партнерство» проф. **К. А. Метешкин**

ПОСВЯЩЕНИЯ СТУДЕНТОВ

Моей любимой и самой родной сестре Алесе, я посвящаю данную работу, и хочу пожелать удачи в дальнейшем, моим одногруппникам ГКЗ2014-2, и потоку ГКЗ набора 2014 года.

Студент ГКЗ2014-2
Ж. К. Минасян

Моим любимым родителям Светлане Викторовне и Алексею Викторовичу, которые всегда воодушевляли меня на достижение высоких целей посвящаю данную работу. Кроме того, хочу поблагодарить своих подруг Левченко Анастасию и Логачеву Дарью, поддерживающих меня на протяжении длинных бессонных ночей работы над пособием.

Студентка ГКЗ2014-2
М. А. Демура

Моей любимой маме Левченко Елене Николаевне за её поддержку и веру в меня посвящаю данную работу. Обязуюсь мамочка стараться и радовать тебя своими успехами.

Студентка ГК32014-2

А. Р. Левченко

Отправившись в морское путешествие по океану знаний, изучая один из важных островов науки имя, которого «Теория систем», данное пособие посвящаю своим родителям Алексею Владимировичу и Ирине Ивановне, которые всегда верят в мои силы и возможности.

Студент ГК3 2014-1

Д. А. Конь

Изучая на протяжении полугода основы теории систем и при написании данного пособия, всегда думала о своём родном и любимом человеке мамочке Татьяне Романовне. И посвящаю ей это пособие, и благодарю её за материнский труд и терпение. Спасибо, мамочка, за то, что поддерживаешь меня даже когда я так далеко от дома.

Студентка группы ГК3 2014-1

Л. О. Бриндак

Данное пособие и всю проделанную работу посвящаю нашему куратору Аноприенко Татьяне Владимировне, которая помогла нам адаптироваться к учебному процессу университета, постоянно нас опекала и направляла по пути изучения учебного материала дисциплин, в том числе и «Основ теории систем», поддерживала нас в трудную минуту и по мере своих возможностей протягивала руку помощи.

Студентка ГК32014-1

Д. Б. Рифаи

Авторы благодарят доктора технических наук, профессора кафедры интеллектуальных компьютерных программ Национального технического университета «ХПИ» Хайрову Нину Феликсовну и доктора педагогических наук, профессора кафедры менеджмента организаций Харьковского национального аграрного университета имени В. В. Докучаева – Нагаева Виктора Михайловича за кропотливую работу рецензентов и те конструктивные замечания, которые были ими, высказаны в адрес учебного пособия.

Особую благодарность авторы выражают научно-педагогическому работнику, высококвалифицированному методисту Харьковского национального университета городского хозяйства имени А. Н. Бекетова – Ю. П. Бархаеву за понимание проблем использования ИТ-технологий в обучении студентов и за предложения, поясняющие читателю понимание замысла и структуры учебного пособия и авторской технологии обучения «Партнерство» в целом.

1 СВЕДЕНИЯ О ПРЕПОДАВАНИИ ДИСЦИПЛИНЫ

*Круглое невежество – не самое большое зло:
накопление плохо усвоенных знаний еще хуже.*

Платон

1.1 Технология обучения «Партнерство»

XXI век. Информационно-коммуникационная революция и смена методологических парадигм в педагогике заставляет научно-педагогических работников искать пути повышения эффективности обучения и образования в целом. Переход от традиционных методов обучения к инновационным в настоящее время связан с использованием в обучении информационных технологий, таких как WEB-технологии, лингвистические информационные и интеллектуальные информационные технологии и др. Синтез технологических процедур и ресурсов, педагогических и информационных технологий обусловили создание и апробацию прикладной технологии обучения, которая получила название «Партнерство».

Длительное время в педагогических науках решается вопрос, как научить студента эффективно учиться? На наш взгляд, синтез педагогических, психологических и интеллектуальных информационных технологий предоставляет такую возможность.

В основу технологии «Партнерство» положены педагогические игровые методы, а также психологические методы состязательности и мотивации студентов. Кроме того, технические средства и ресурсы WEB-технологии во взаимосвязи с методами информационных лингвистических технологий позволяют расширить возможности в обучении и самообучении студентов и перейти к принципиально новой технологии, основанной на отношениях партнерства между преподавателем и студентами.

Целью технологии «Партнерство» является обучение студентов самостоятельно изучать учебный материал на примере дисциплины «Основы теории систем».

Объект изучения: системный подход к пониманию мироустройства.

Предмет изучения: теоретические основы (методы и модели) исследования сложных систем.

Структура технологии обучения «Партнерство» квазилинейная (см. рис. 1.1).

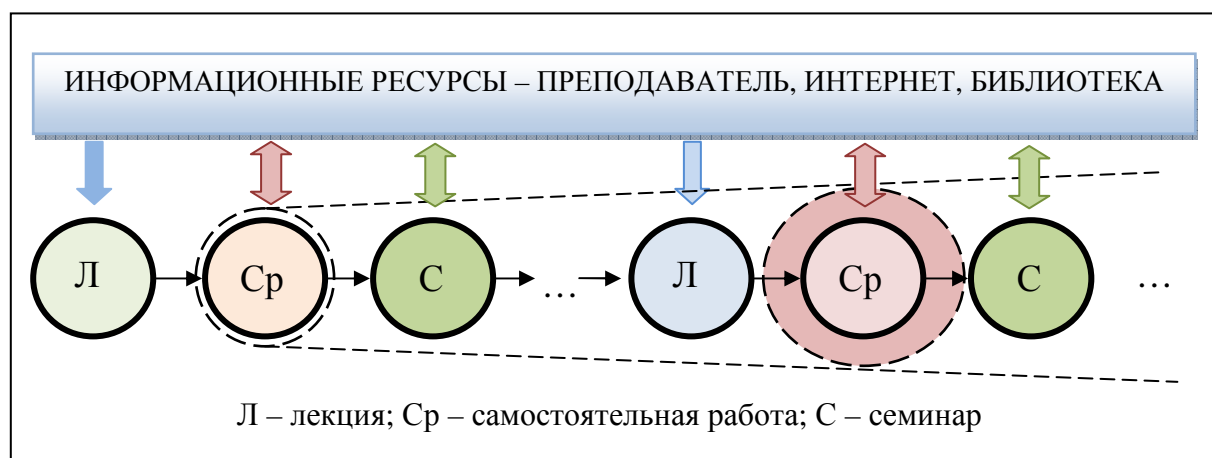


Рисунок 1.1 – Фрагмент структурной схемы обучающей технологии «Партнерство»

На рисунке 1.1 показана последовательность процедур технологии «Партнерство». Название технологии обучения «Партнерство» выбрано потому, что данная технология, во-первых, предполагает индивидуально-групповой подход к изучению учебного материала дисциплины, во-вторых, предполагает информационный поиск, а значит ознакомление студента с большим количеством информации, предусмотренной учебными планами и программами, в-третьих, предполагает обсуждение результатов самостоятельной работы студентов на семинарских занятиях и выработку у них способностей обобщать учебный материал и аргументировать свои предложения по его улучшению.

Процедура подготовки преподавателя к изложению учебного материала на рисунке не показана. Ее суть заключается в том, что преподаватель заранее подготавливает электронную версию конспекта лекций и размещает ее на web-страницах индивидуального сайта или на специально организованных web-страницах сайта кафедры, как это показано на рисунке 1.2.

Особенности обучения студентов с использованием технологии «Партнерство» заключаются в следующем.

1. Теоретический материал, выносимый на лекцию, обязательно помещается на сайт кафедры и является доступным любому пользователю и

в любое время в отличие от системы управления курсами Moodle, который закрыт паролями.


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА имени А. Н. БЕКЕТОВА	
К. А. МЕТЕШКИН	
ОСНОВЫ ТЕОРИИ СИСТЕМ	
КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ	
	
(для студентов 1 курса дневной формы обучения направления подготовки 6.080101 – «Геодезия, картография и землеустройство», а также для всех, кто хочет систематизировать свои знания)	
Харьков - ХНУГХ - 2014	
СОДЕРЖАНИЕ	
1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	
1.1 Параметры технологии обучения и иерархия ее целевых установок	4
1.2 Возникновение и развитие системных идей	6
1.3 Основные понятия теории систем	12
1.4 Свойства систем	20

Рисунок 1.2 – Фрагмент web-страницы, на которой размещается титульная страница конспекта лекций и его содержание

В технологии обучения «Партнерство» теоретический материал доступен студентам как традиционно на лекциях, так и виртуально на страницах сайта кафедры, что позволяет сбалансировать достоинства и недостатки традиционных и дистанционных форм обучения.

2. Особенность самостоятельной работы студентов обусловлена заданиями, которые формулирует преподаватель с целью углубленного изучения учебного материала.

Задания для самостоятельной работы студентов размещаются в электронном конспекте лекций.

Задания для самостоятельной работы

1. Внимательно прочтите учебный материал данного подраздела.
2. Проведите информационный поиск подобного материала в Интернете или библиотеке.
3. Сделайте предложение по совершенствованию учебного материала или увеличению его семантической нагрузки путем:
 - изменения текстовой информации;
 - введением в текст дополнительных определений;
 - дополнения текста иллюстративным материалом;
 - дополнения текста примерами;
 - представления учебного материала в графическом виде (схемы, графы, чертежи и т.д.);
 - использования гиперссылок, позволяющих увеличить семантику изучаемого материала, но не перенасыщать его второстепенной учебной информацией;
 - дополнения текста цитатами выдающихся ученых.

В технологии обучения «Партнерство» семинарские занятия также отличаются от традиционной формы тем, что здесь не заслушиваются и не обсуждаются рефераты, написанные студентами на заранее заданную тему. В данной технологии на семинарских занятиях ставится задача обосновать и аргументировать предложения, которые самостоятельно подготовлены студентами для улучшения изучаемого теоретического материала. На рисунке 1.1 показано, что самостоятельная работа студентов предполагает **анализ** большого количества информации. Причем, ее количество значительно больше, чем это предусмотрено в конспекте лекций и, следовательно, учебными планами и программами. Кроме того, в процессе самостоятельной работы и обосновании своих предложений студенты приобретают навыки **синтеза** отдельных частей текста в единую семантическую структуру.

Предложенные студентами на семинаре иллюстрации к той или иной лекции или ее части должны улучшать дидактические свойства текстовой информации. Поэтому при обсуждении предложенного студентами иллюстративного материала важно найти сбалансированное решение: нужна ли данная иллюстрация в тексте или нет.

Из психологической и педагогической практики известно, что учебный материал лучше усваивается в образах и картинках. В технологии обучения «Партнерство» предусмотрено задание, которое нацеливает студента при самостоятельной работе на приобретение навыков выделения из текстовой информации графического образа (денотата). Другими словами, студентам необходимо научиться ставить в соответствие семантике прочитанного текста некоторый образ в виде схем, рисунков, фотографий, диаграмм и т.д. Данный навык является фундаментальным с точки зрения принципа наглядности, который сформулировал еще Я. М. Коменский в своей книге «Великая дидактика». На наш взгляд, если студент научится выделять из текстовой информации адекватные по смыслу образы этой информации, следовательно, он глубоко усвоил учебный материал.

Кроме того, умение образно представлять учебный материал и находить синонимические или омонимические отношения семантики высказываний выдающихся деятелей, философов, ученых и др., с семантикой изучаемого учебного материала свидетельствует о глубокой проработке студентом, как учебного материала, так и значительного объема дополнительной информации. Поэтому на семинарских занятиях важно направить дискурс на поиск наиболее подходящего высказывания (цитаты), отражающего изучаемый материал.

Диагностика знаний, умений и навыков в технологии обучения «Партнерство» обладает рядом особенностей. Во-первых, данная технология предполагает, как традиционную, групповую коммуникацию со студентами на лекциях и семинарских занятиях, так и индивидуальное общение посредством электронной почты преподавателя со студентами. Во-вторых, технология обучения предполагает, как качественную оценку студентов, так и количественную, причем не только студентов, но учебных групп в целом. Это достигается путем опубликования преподавателем комментариев на специально созданной странице сайта «Хроника обучения», на которой подчеркиваются сильные и слабые стороны той или иной группы, и выставляются оценки за самостоятельную работу студентов.

Фрагмент такой страницы показан на рисунке 1.3. Одной из особенностей коммуникаций преподавателя со студентами является их общение с использованием электронной почты. Опыт показал, что отдельные студенты выполняют домашние задания с высокой степенью ответственности и на достаточно высоком качественном уровне. Данный факт позволяет выставлять отдельным студентам оценки, не опрашивая их на семинарском занятии.

С целью мотивации студентов к эффективной учебной работе в технологии обучения «Партнерство» введены игровые элементы. В качестве игровой фабулы в технологии «Партнерство» используется персонаж, взятый из серии романов английской писательницы Джоан Роулинг о Гарри Поттере. Соблюдая авторскую этику, имя главного героя романов про Гарри Поттера изменено на имя Гарри Плоттера.

Хроника испытаний педагогической технологии партнерства с элементами игры

НАЧАЛО ИСПЫТАНИЙ
16 февраля 2015 г.
Первое практическое занятия
ГИС 2014-2

Из всех студентов домашнее задание выполнили 4 человека **Демура Мария, Левченко Анастасия, Логачева Дарья** и **Радионова Алиса**. Будем считать, что начало формирования друзей Гарри Плоттера положено. На фотографиях показаны фрагменты практического занятия, где некоторым студентам стыдно за невыполненное задание, и они пытаются спрятаться под столами. Некоторые смущаются из-за своей природной застенчивости, а некоторые хитро улыбаются, так как получили на занятия отличную оценку. Текущие оценки смотреть [ЗДЕСЬ](#).



19 февраля 2015 г.
Первое практическое занятия
ГИС 2014-2; ГИС 2014-1

К сожалению, в этой группе никто не выполнил домашнее задание и практическое занятие свелось к тривиальному опросу и выставлению оценок. Некоторые студенты проявили активность и к концу занятия им пришлось повышать оценку. Оказывается, студентов сдерживает природная скромность и они не хотят показывать свои знания. В число друзей Гарри Плоттера на этой сессии входят **Ковалев А.А.** и **Морозов В.О.** Оценки в этой

Рисунок 1.3 – Фрагмент WEB-страницы хроники испытаний технологии обучения «Партнерство»

Партнерство преподавателя и студентов состоит в их тесном взаимодействии при решении одной учебной задачи, которая заключается в трансформации учебного материала, представленного для обучения в виде конспекта лекций, в более качественный с дидактической точки зрения материал учебного пособия. Основным мотивом для эффективной учебной деятельности студентов, в данном случае, послужило обещание преподавателя включить в список соавторов учебного пособия тех студентов, которые при изучении конспекта лекций дадут конструктивные, дидактически обоснованные и аргументированные предложения по совершенствованию учебного материала.

Кандидаты на соавторство выбирались из активных студентов, имеющих образное мышление и умение анализировать учебный материал.

В процессе обучения по данной технологии такие студенты выделялись в отдельную группу, которая названа «Друзья Гарри Плоттера» (см. рис. 1.4).

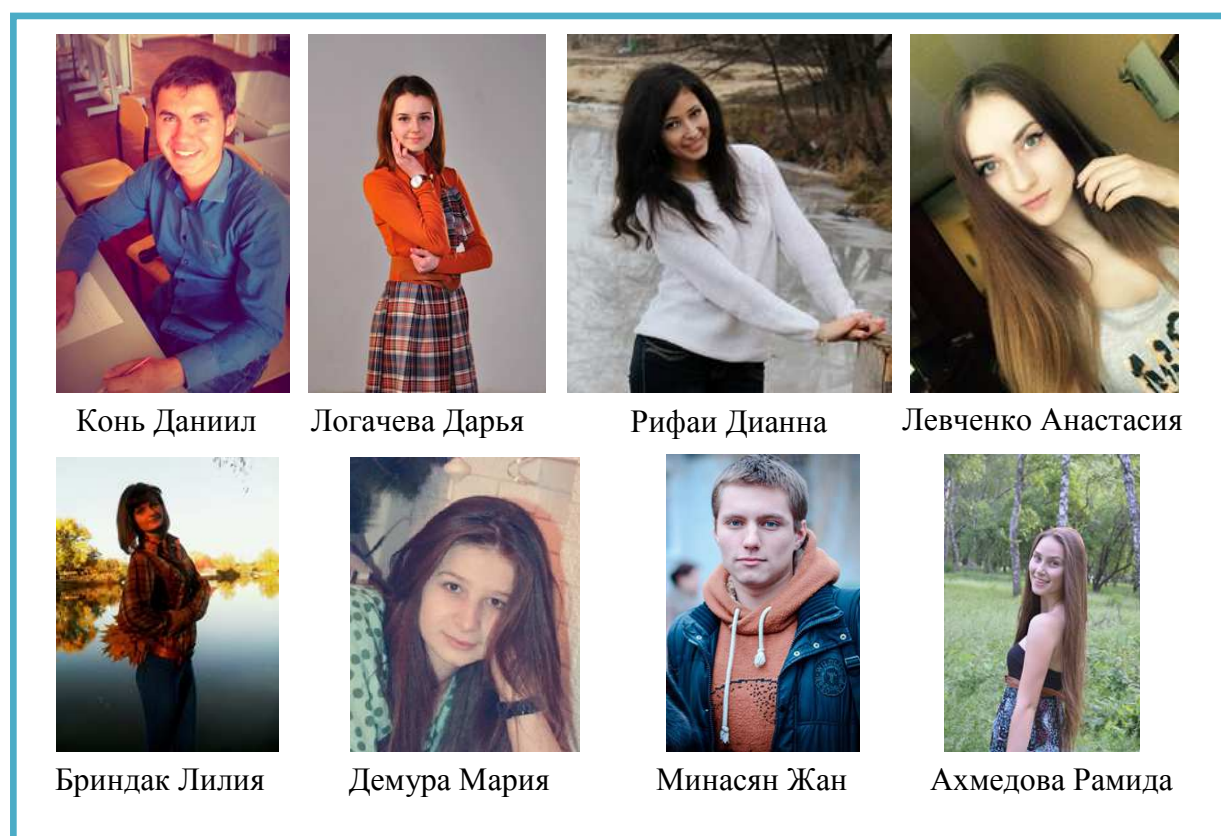


Рисунок 1.4 – Фрагмент WEB-страницы хроники испытаний технологии обучения «Партнерство»

Таким образом, технология обучения «Партнерство» имеет отличительные признаки от существующих методик преподавания и технологий дистанционного обучения, а ее методическая база является комплексом методов и имеет признаки инновации в обучении студентов. Данное пособие по своей сути и является результатом инновационной деятельности, как преподавателя, так и студентов.

1.2 Синергетический эффект технологии «Партнерство»

В основу технологии «Партнерство» положен принцип самостоятельной организации системы профессиональных знаний студентами высшего учебного заведения, обучающихся по конкретной специальности. Самоорганизацию как процесс упорядочения элементов некоторой системы, в нашем случае, системы профессиональных знаний студентов, изучает междисциплинарная наука – синергетика. Основные термины и определения этой науки приведены в п.п. 3.7.

Суть синергетического эффекта заключается в возрастании эффективности деятельности в результате интеграции, слияния отдельных частей в единую систему за счет системного эффекта (эмерджентности), который будет рассматриваться ниже в п.п. 2.3.

В технологии «Партнерство» интегрируются традиционные методы обучения и методы обучения с использованием WEB-технологий. Кроме того, тесное сотрудничество преподавателя со студентами в рамках предложенной технологии обеспечивает слияние всех элементов технологии (преподавателя, учебного материала, электронных средств связи и представления учебного материала, студентов) в единую, объединенную одной целью систему.

Технология «Партнерство» предполагает использование двух основных источников учебной информации – это традиционное учебное пособие (бумажный вариант) и его электронный клон, который размещается на страницах сайта кафедры (<http://kaf-gis.kh.ua/home>). Расширение возможности доступа обучающихся к учебному материалу будем считать основной составляющей синергетического эффекта. Аналогичный эффект достигается и при дистанционном обучении. Оно является линейным и не предполагает по желанию обучающихся увеличивать учебный материал за счет детализации отдельных семантических элементов учебного текста.

Здесь имеется в виду созданную систему гиперссылок в электронном учебном пособии, которые отсылают обучающегося к словарно – справочным средствам, в том числе к интернет-энциклопедии Википедии.

Второй важной составляющей синергетического эффекта, рассматриваемой технологии является возможность обучающихся самостоятельно формировать систему своих профессиональных знаний за счет связей и ссылок настоящего пособия на учебный материал других дисциплин, предусмотренных учебным планом. На сайте кафедры реализована модель учебного плана в виде путеводаителя по специальности «Геоинформационные системы и технологии». На рисунке 1.5 показан фрагмент страницы с выбранной одноименной закладкой, а на рисунке 1.6 – фрагмент модели учебного плана.

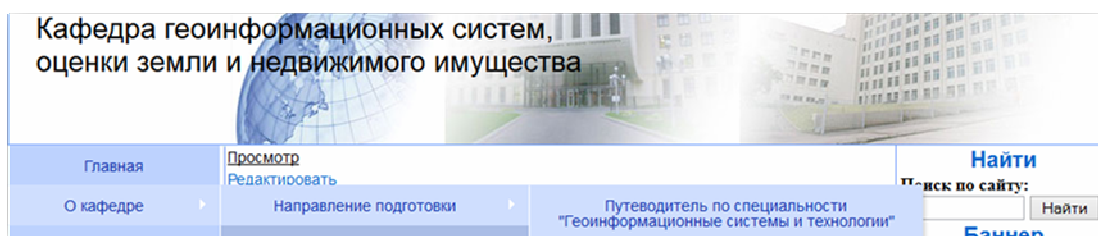


Рисунок 1.5 – Фрагмент страницы сайта кафедры с выбором закладки путеводаителя по специальности «Геоинформационные системы и технологии»



Рисунок 1.6 – Фрагмент модели учебного плана

Следующей составляющей синергетического эффекта технологии является возможность самостоятельного планирования объема изучаемого материала, а также уровень его детализации и обобщения.

Нелинейность изучения учебного материала за счет перехода к изучению других дисциплин по ссылкам в модели учебного плана составляет один из принципов синергетического подхода.

Важной особенностью учебного материала является его дуальное представление в реальном трехмерном пространстве в виде учебного пособия, изготовленного традиционным способом, и представление этого же материала в виртуальном пространстве с возможностью его расширения и обобщения. Обратим внимание на то, что речь идет об учебном пособии как некотором объекте, но никак не о его содержании, на основе которого формируются профессиональные знания студентов. Сам процесс формирования профессиональных знаний, очевидно, протекает в дробном пространстве, так как человек (биологическая интеллектуальная система) состоит из множества подсистем: кровеносной, дыхательной, нервной, нейронной, имеющих фрактальную структуру. Специалисты в области фрактальной геометрии утверждают, что размерность биологических подсистем человека имеет дробную размерность, а именно 2,4 – 2,6. Кроме того, нелинейность самостоятельного изучения учебного материала очевидна, так как практика показывает, что самостоятельно обучающийся человек изучает неизвестный ему материал, а известный пропускает с целью экономии времени. Плановое обучение (традиционное), напротив имеет линейную структуру, например, лекция – практическое занятие или лекция – лекция и т.д., что для некоторых студентов является пустой тратой времени. В этом тоже заключается синергетический эффект применения технологии «Партнерство».

В качестве доказательства возможности использования синергетического подхода при изучении процессов обучения поставим в соответствие процедуры построения отдельных известных фракталов, например, кривых Коха и Пеано (см. рис. 1.7), известным методам системного анализа: индукции, дедукции, агрегирования, детализации, а также логическим методам обобщения и конкретизации. Перечисленными методами в той или иной мере можно интерпретировать процедуры построения фракталов, в основе создания, которых лежит отношение самоподобия.

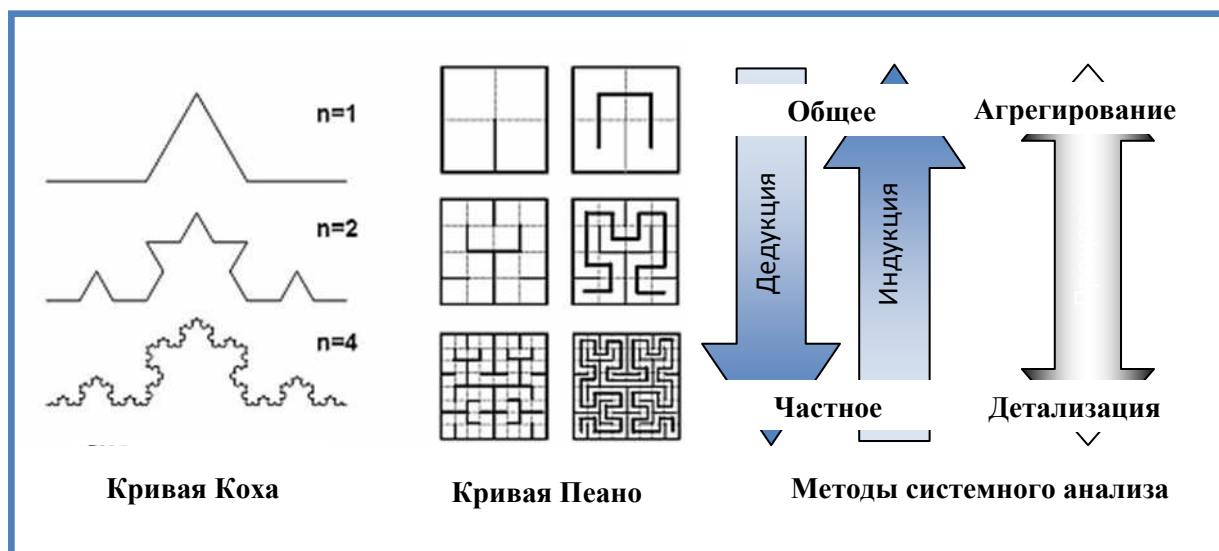


Рисунок 1.7 – Иллюстрация аналогий построения фракталов с реализацией методов системного анализа

Интеллектуальная деятельность человека, выраженная через язык, также на наш взгляд имеет аналогию с фрактальными представлениями. Прикладная лингвистика оперирует таким понятием как «гипероним» и «гипоним». Термин «гипероним» обозначает слово с более широким значением, выражающее общее, родовое понятие, название класса (множества) предметов (свойств, признаков), а «гипоним» соответствует слову с более узким значением, называющее предмет (свойство, признак) как элемент класса (множества). Использование этих понятий привело к созданию онтологических моделей представления знаний.

Подводя итоги вышесказанному, выделим еще один синергетический эффект, который вытекает из реализации технологии «Партнерство», а именно возможность осуществления трансфера разработанной технологии в любое высшее учебное заведение, где изучается дисциплина «Основы теории систем» или «Основы теории систем и системный анализ». Основываясь на информационном подобии данных дисциплин и используя Интернет ресурсы, дисциплины можно адаптировать к соответствующим специальностям подготовки студентов других вузов. Суть эффекта будет заключаться в сокращении времени подготовки большинства преподавателей в разных вузах при изложении данной дисциплины, опирающихся на предложенный в Интернете «клон» учебного пособия.

1.3 Рекомендации редактора коллегам преподавателям

Естественно предположить, что у многих преподавателей при детальном разборе и изучении методов предложенной технологии обучения «Партнерство» возникнут критические замечания. Поэтому для того, чтобы предvarить часть из них, рекомендую следующее.



1. Технологию обучения «Партнерство» заимствовать в том случае, если преподаватель имеет свой персональный сайт или располагает возможностью размещения учебного материала на сайте кафедры.
2. Для начинающих преподавателей применение технологии обучения «Партнерство» имеет определенный педагогический риск, т.к. методы и подходы предложенной технологии могут быть видоизменены в зависимости от характера учебного материала и места учебной дисциплины в учебном плане.
3. Технологию обучения «Партнерство» для больших по объему учебных дисциплин целесообразно реализовывать двум преподавателям, например, профессор – ассистент или доцент – ассистент, предварительно распределив роли в партнерской деятельности со студентами.
4. Технология обучения «Партнерство» с одной стороны, позволяет повысить качество обучения за счет углубленного изучения учебного материала, с другой стороны, увеличивает нагрузку на преподавателя за счет постоянной переписки со студентами по электронной почте. Поэтому данный факт необходимо учитывать при планировании учебной деятельности преподавателя на семестр и учебный год в целом.
5. Одним из вариантов самостоятельной работы студентов может быть составление в течение всего семестра персонального конспекта лекций по заданным критериям. Итоговую оценку самостоятельной работы студента можно организовать на конкурсной основе.

6. Представляя конспект лекций на WEB-страницах сайта в виде некоторой модели профессиональных знаний преподавателя, появляется возможность объединения между собой учебного материала разных дисциплин. Такая возможность обеспечивает создание модели *системы* профессиональных знаний в рамках учебного плана, что открывает другие возможности, в частности, самостоятельного планирования обучения и использования этих моделей для формирования системы профессиональных знаний по смежным специальностям. Другими словами, появляется возможность трансферта модели профессиональных знаний при реализации учебных планов аналогичных специальностей в других вузах. Особенно это касается учебных дисциплин гуманитарных и фундаментальных блоков учебных планов.

2 ОСНОВЫ ТЕОРИИ СИСТЕМ

Без примера ничему не выучишься.

Я. А. Коменский

При изучении наук примеры полезнее правил.

И. Ньютон

2.1 Возникновение и развитие системных идей

Возникновение системных идей уходит в глубокую древность. Слово «система» появилось в Древней Греции 2000 – 2500 лет назад. Источниками системных идей в Древней Греции являлись:

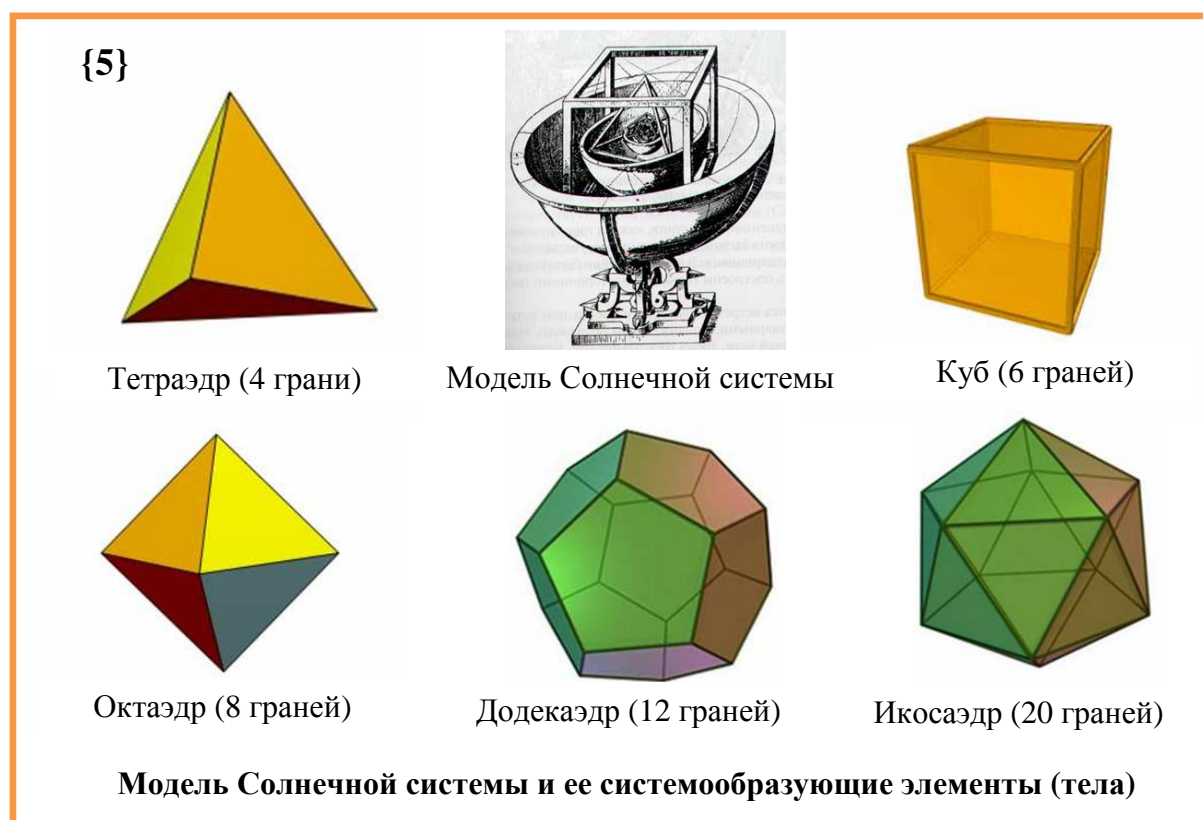
- практическая и профессиональная деятельность людей, которая была связана со структурами, целостностью объектов и явлений, взаимосвязями между ними. Целое и части всегда присутствовали в хозяйственной деятельности, торговле, военном деле, строительстве, медицине и т.д.;
- философия, которая осмысливала основные понятия системности, отрываясь от реальной действительности, и погружалась в мир абстракций;
- естественные знания и науки, которые формировали системность видения природы, в частности макро и микромира;
- социальные науки, науки о человеке, которые вырабатывали системный подход к изучению общества.

Открытия, сделанные астрономами в конце средневековья Н. Коперником (1473-1543 г.г.) {1}, Д. Бруно (1548-1600 г.г.) {2}, Г. Галилеем (1564-1642 г.г.) {3} и И. Кеплером (1571-1630 г.г.) {4} послужили толчком к изучению не только свойств Солнечной системы, но и исследованию свойств материи в целом.



Первой научной революции XVI – XVII в.в. характерны открытия фундаментальных законов развития природы, пополняющие «сокровищницу» естествознания.

На основе результатов исследования движения планет И. Кеплер предложил модель солнечной *системы* из пяти Платоновских тел {5}, на основе которой разработал систему законов, описывающих движение планет, и положил основу создания небесной механики. Великий и счастливейший из смертных, по словам Лагранжа [1], И. Ньютон открыл закон Всемирного тяготения и другие законы, тем самым создав *систему* знаний механистического представления мира. Кроме того, в своей работе «Оптика» И. Ньютон раскрывает суть научного метода как *системы* взаимосвязанных методов исследования – анализа, синтеза и экспериментальных методов.



Можно утверждать, что системные идеи в период первой научной революции в различных областях естествознания принадлежат:

- Р. Декарту {6}, предложившему в математике *систему* координат, которую впоследствии усовершенствовал Л. Эйлер {7};

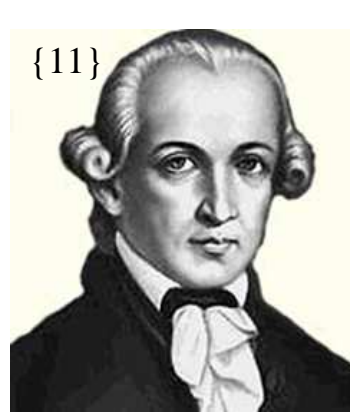
- Г. Ф. Лейбницу {8}, предложившему двоичную *систему* счисления, которая используется для представления чисел в современных ПК;

- Б. Паскалю {9} и монахам А. Арно и К. Лансло в языкознании, создавших *систему* грамматических правил, так называемую «Грамматику Пор-Рояля»;

- Я. А. Коменскому {10} в педагогике, предложившему первую стройную педагогическую *систему* в работе «Великая дидактика»;

- И. Канту {11} в философии, где он сформулировал космогоническую гипотезу о происхождении Солнечной *системы* из первоначальной туманности, которая не утратила актуальность до сих пор.

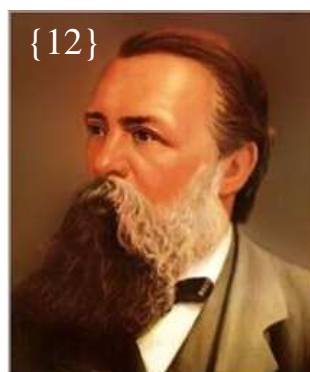
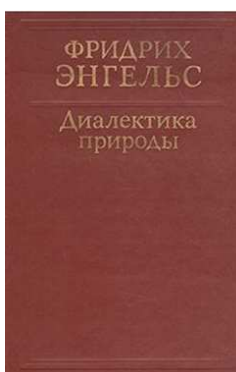
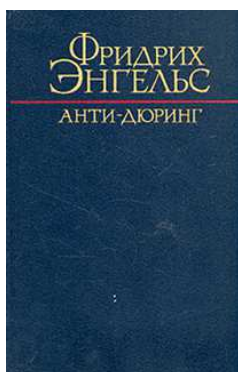
В настоящее время под *космологией* понимают область науки, в которой изучается происхождение и развитие космических тел и их систем: звезд, галактик, туманностей и т.д.



Мыслители, стоявшие у истоков системного анализа

В возникновении и развитии системных идей во второй научной революции сыграл русский ученый-естествоиспытатель М. В. Ломоносов. Его знания и способности позволили сделать выдающиеся открытия в исследовании как микро-, так и макромира. Многим известно, что М. В. Ломоносов написал и успешно защитил научную работу, которая называлась «Физическая диссертация о различии смешанных тел, состоящих в сцеплении корpusкул». Он создал молекулярно-кинетическую теорию, которая легла в основу физической химии. Вместе с тем, он исследовал и Солнечную систему и открыл атмосферу на планете Венера.

Во вторую научную революцию (XVIII в. – до 1-й половины XIX века) идея развития систем получила научное обоснование в работах философа и экономиста Фридриха Энгельса (1820-1895 г.г.) {12} «Анти-Дюринг», «Диалектика природы», «Людвиг Фейербах и конец классической немецкой философии», где он сформулировал важные положения системного мировоззрения.



Философское развитие идей системности в работах Фридриха Энгельса

Наиболее важные из них следующие.

1. Представление об объективном мире как бесконечно большой, вечной, неоднородной и саморазвивающейся системе.
2. Наличие всеобщей объективной взаимосвязи и взаимообусловленности в природе.
3. Обоснование идеи организации, как на уровне природы, так и общества.
4. Рассмотрение взаимодействия между элементами на базе механизма притяжения и отталкивания.

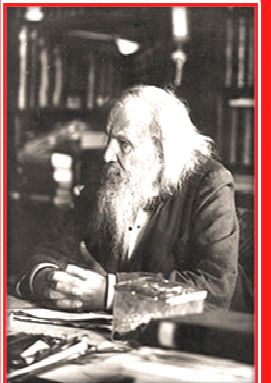
5. Круговорот материи как форма всеобщего взаимодействия и направленного развития.

6. Положение о критических точках, в которых происходит перестройка объектов и переход их от одного качества к другому.

Значительный вклад в развитие идей системности построения мира в третью научную революцию (конец XIX века – середина XX века) внес Д. И. Менделеев [13], открывший в феврале 1869 года один из фундаментальных законов природы – периодический закон химических элементов.

	H 1 1,00794 ВОДОРОД	He 2 4,00260 ГЕЛИЙ			{13}		
Li 3 6,941 ЛИТИЙ	Be 4 9,01218 БЕРИЛЛИЙ	B 5 10,811 БОР	C 6 12,011 УГЛЕРОД	N 7 14,0067 АЗОТ	O 8 15,9994 КИСЛОРОД	F 9 18,9984 ФТОР	Ne 10 20,179 НЕОН
Na 11 22,9897 НАТРИЙ	Mg 12 24,305 МАГНИЙ	Al 13 26,9815 АЛЮМИНИЙ	Si 14 28,0855 КРЕМНИЙ	P 15 30,9737 ФОСФОР	S 16 32,066 СЕРА	Cl 17 35,453 ХЛОР	Ar 18 39,948 АРГОН

Фрагмент таблицы Менделеева



Результаты научных исследований в области естествознания в период третьей научной революции научно обобщил выдающийся немецкий ученый Альберт Эйнштейн [1], который на их основе разработал общую и специальную теорию относительности, где ввел понятия «системы отсчета» и «инерциальные системы». Он внес большой вклад в развитие физики, в частности дополнил ее квантовой теорией фотоэффекта и теплоемкости, теорией индуцированного излучения и другими теориями.

Четвертая научная революция (последняя треть XX столетия – XI век) с точки зрения развития системных идей и обобщения знаний о строении материи, дала миру таких ученых как А. А. Богданов (см. рис. 2.1) и Карл Людвиг фон Бергаланфи (см. рис. 2.2).

На фоне «оранжевых» событий, происходящих в Украине в 2004 – 2005 г.г., а также событий и манифестаций части украинского народа 2013 года (события еще не закончились), актуализируются мысли А. А. Богданова о том, что пролетариату нужно стремиться не к политическому господству, а к культурному вызреванию [2].



Александр Александрович Богданов (настоящая фамилия – Малиновский – врач, экономист, философ, политический деятель, учёный-естествоиспытатель. Член РСДРП в 1896 - 1909, большевик, с 1905 член ЦК. Глава группы «Вперёд», организатор партийных школ РСДРП в Болонье и на Капри. В 1911 отошел от политики и занялся наукой. С 1918 - идеолог Пролеткульта. Предложил идею создания новой науки – **тектологии**, предвосхитил некоторые положения **кибернетики и синергетики**.

Рисунок 2.1 – Основатель новой науки тектологии

Тектология или «всеобщая организационная наука» А. А. Богданова в начале XX века считалась утопией, так как предполагала объединение всех человеческих, биологических и физических наук, рассматривая их как системы взаимоотношений, и поиска общих организационных принципов для всех типов систем.



Карл Людвиг фон Берталанфи (19 сентября 1901, Вена - 12 июня 1972, Нью-Йорк) – австрийский биолог, постоянно проживавший в Канаде и США с 1949 года. Первооснователь обобщенной системной концепции под названием «Общая теория систем». Постановщик системных задач – прежде всего, в сфере разработки математического аппарата описания типологически несходных систем. Исследователь изоморфизма законов в различных сегментах научного знания.

Рисунок 2.2 – Основатель общей теории систем

Богданову принадлежит идея о том, что все существующие объекты и процессы имеют определенную степень, уровень организованности. Все явления рассматриваются как непрерывные процессы организации и дезорганизации. Кроме того, Богданову принадлежит ценнейшее открытие,

что чем выше уровень организации, тем сильнее свойства целого отличаются от простой суммы свойств его частей. В своих работах А. А. Богданов подчеркивал роли моделирования и математики как потенциальных методов решения задач тектологии.

Основателем системной концепции под названием «Общая теория систем» считается австрийский биолог Карл Людвиг фон Берталанфи, который ее предложил в 30-х годах прошлого столетия [3]. Основной идеей Общей теории систем, является признание изоморфизма законов, управляющих функционированием системных объектов.

Изоморфизм – понятие математической логики, означающее соотношение между двумя любыми объектами тождественной структуры.

Карл Людвиг фон Берталанфи также ввел понятие и исследовал «открытые системы» – системы, постоянно обменивающиеся веществом и энергией с внешней средой.

Общность законов развития естественных и искусственных (технических) систем заметил Н. Винер, основатель науки «Кибернетика», который является автором книги «Кибернетика, или управление и связь в животном и машине» [4]. Н. Винер один из первых осознал системности мира, общества и человеческой деятельности.

Нельзя не отметить заслуги в исследовании систем русского и советского естествоиспытателя, мыслителя и общественного деятеля XX века, первого президента Украинской академии наук В. И. Вернадского (см. рис. 2.3).

Он является создателем многих междисциплинарных наук, в том числе биогеохимии – науки изучающей химический состав живого вещества и геохимические процессы, протекающие в биосфере Земли при участии живых организмов.

Важным этапом необратимой эволюции биосферы В. И. Вернадский считал её переход в стадию ноосферы. На современном уровне развития земной цивилизации можно считать, что ноосфера уже сформировалась и предпосылки ее возникновения стали реальностью. В. И. Вернадский выделял пять предпосылок возникновения ноосферы, **первая** из которых – расселение *Homo sapiens* по всей поверхности планеты, и его победа в соревновании с другими биологическими видами.

В настоящее время на поверхности Земли обитают около 7 миллиардов людей, которые не только одержали победу над другими биологиче-

скими видами, но беспощадно их уничтожают, нарушая при этом экосистему планеты.

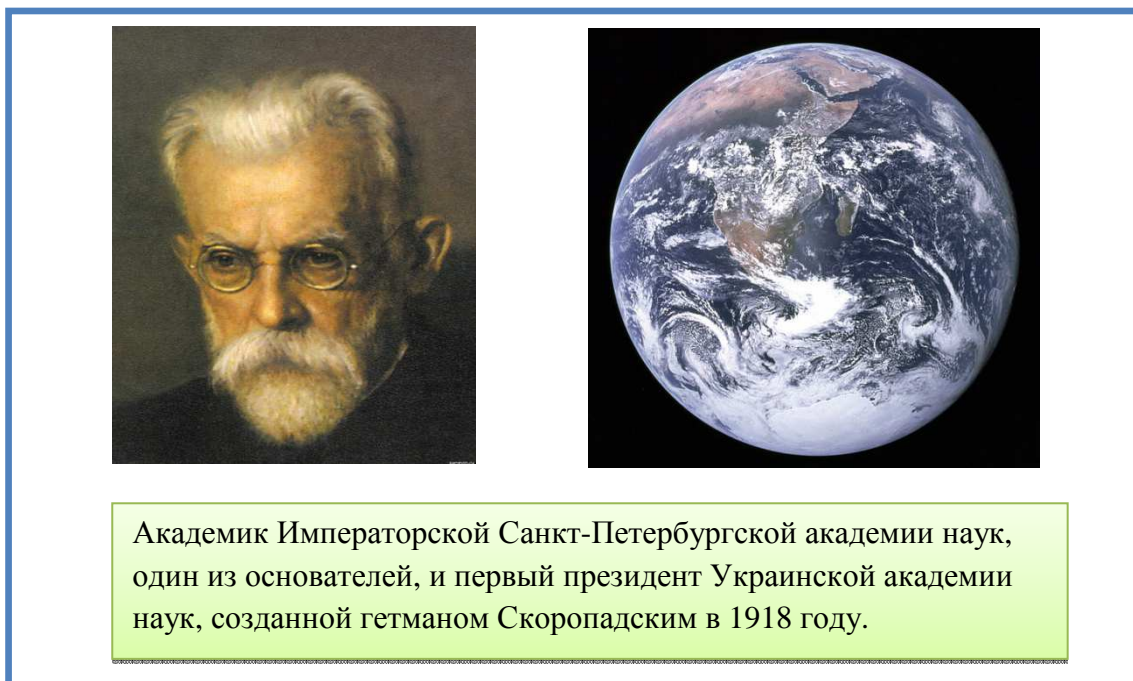


Рисунок 2.3 – Вернадский Владимир Иванович (1863 – 1945 гг.)

Второй предпосылкой формирования ноосферы В. И. Вернадский считал развитие всепланетных систем связи, создание единой для человечества информационной системы. Такие системы созданы и успешно функционировали. Марсоходы «Оппортьюнити» {14} и «Спирит» {15} исследовали поверхность одной из ближайших к Земле планеты Марс и передавали на Землю различного рода информацию о химических и биологических характеристиках почвы Марса.



Кроме того, дальний космос изучали космические аппараты Пионер 10, Пионер 11, Вояджер 1 и Вояджер 2. Ими получены качественные снимки Сатурна и Юпитера, а аппарат Вояджер 2 впервые вышел за пределы Солнечной системы. Создана Глобальная информационная компьютерная сеть Интернет.

Н. И. Вернадский предполагал (**третья и четвертая предпосылки**), что открытие и использование ядерных и термоядерных источников энергии, а также широкое вовлечение людей занятием наукой делает человечество геологической силой.

Пятая предпосылка – победа демократий и доступ к управлению широких народных масс является политической и в условиях олигархического капитализма не актуальна.

Рассматривая историю педагогики можно утверждать, что системный подход в обучении первым применил Я. А. Коменский – чешский педагог-гуманист [1], который разработал систему принципов и основных положений школьного обучения в «Великой дидактике», которая является базовой детерминантной для организации образования в целом [5]. Заимствование педагогической системы Я. А. Коменского разными государствами и привнося в нее свои специфические особенности, зависящие от развития, того или иного государства, его уклада, или политического строя формировала в государстве свою с отличительными чертами *систему* образования.

С точки зрения общей теории систем, образовательные процессы начали рассматриваться в начале XX века. Педагогическая система А. С. Макаренко включала технологический подход к воспитанию. Он писал:

«Наше педагогическое производство никогда не строилось по технологической логике, а всегда по логике моральной проповеди. А я, чем больше думал, тем больше находил сходства между процессами воспитания и обычными процессами на материальном производстве, и никакой особенно страшной механистичности в этом сходстве не было. ...» [6]. Педагогическая система А. М. Макаренко получила всемирное признание. Организация объединенных наций (ЮНЕСКО) в 1988 году признала, что в XX веке четыре педагога определили способ педагогического мышления – это Джон Дьюи {16}, Георг Кершенштейнер {17}, Мария Монтессори {18} и Антон Макаренко {19}.



Выдающиеся педагоги XX века по признанию ЮНЕСКО в 1988 г.

Важную роль в развитии системных идей и их реализации в образовании сыграло решение, принятое в 1970 г. Советом министров Европейского союза о принятии первой программы сотрудничества в сфере образования. Многие ученые считают началом Болонского процесса именно 1970 год.

Системные идеи нашли свое отражение в Болонской декларации положениями о стандартизации транснационального образования, введением двух циклового обучения (бакалавриат и магистратура), а также внедрением в учебные процессы кредитно-модульной *системы*.

Исследование Болонского процесса, который в настоящее время развивается в условиях информационно-коммуникационной революции, обусловило использование методов теории систем и системного анализа, а также других наук, изучающих системы. К таким наукам относят кибернетику, которую составляют теории принятия решений, распознавания образов, информации; информатику, в том числе теорию игр; топологию; системологию и т.д. Сложность построения, масштабность и интеллектуальный характер протекающих процессов в образовательных системах приводит к тому, что все чаще образовательные системы и процессы исследуются методами системно-синергетического анализа.

Таким образом, показана эволюция системных идей в различных предметных областях от философии и естествознания до кибернетики и образования.

Время есть пространство человеческого развития – писал выдающийся немецкий философ, социолог и экономист Карл Генрих Маркс [7]. Со-

временному студенту, изучающему основы теории систем необходимо продуктивно использовать это пространство для приобретения профессиональных знаний.

2.2 Основные понятия теории систем

В современной научной литературе, в том числе по общей теории систем и системному анализу формулируется несколько понятий термина «система» [6, 8].

Воспользуемся методическим инструментарием общего языкознания для объяснения смыслового понимания термина «система». Таким инструментарием является семантический треугольник, особенности построения и использования которого детально рассмотрены в работе [1]. На рисунке 2.4 показано, что термину «система» соответствует некоторый обобщенный образ, называемый денотатом, и его определение – сигнификат.

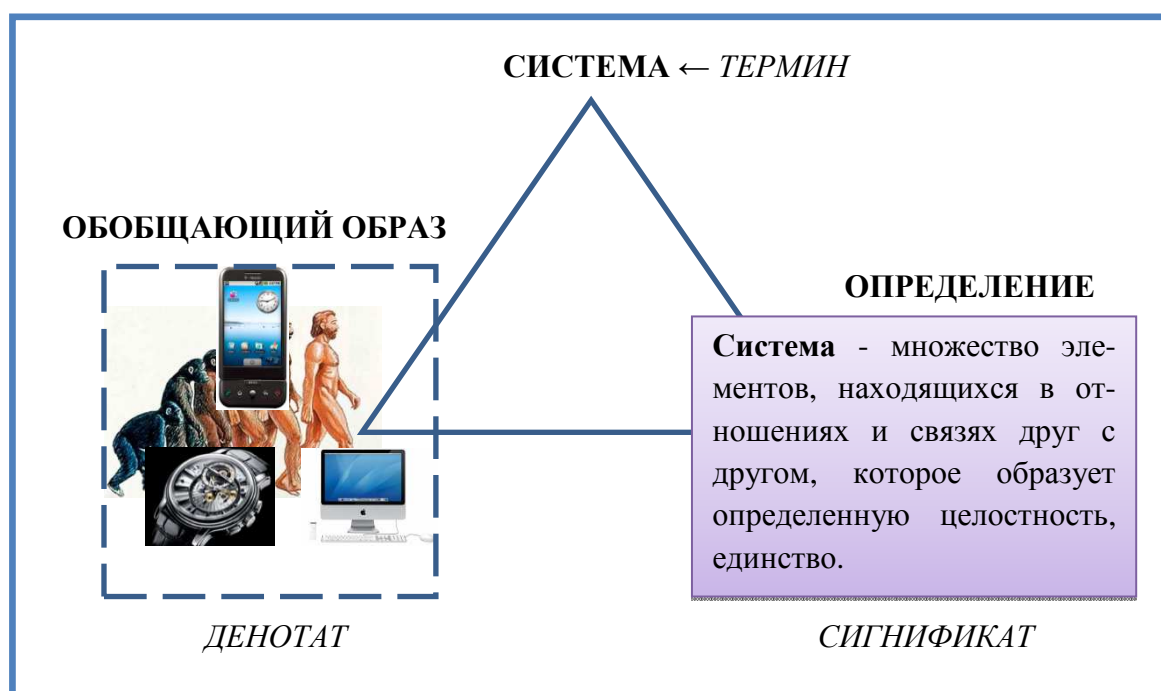


Рисунок 2.4 – Иллюстрация процесса смыслообразования с использованием семантического треугольника

Особенностью вершины треугольника под названием «денотат» является то, что ему соответствует абстрактный обобщающий образ, который в нашем случае представлен часовым механизмом (часами), современным

компьютером и современными средствами связи в виде мобильного телефона. Все эти предметы обихода современного человека являются техническими системами, имеющими сложную иерархическую структуру. Они показаны на фоне развивающегося человека, придавая термину «система» не только технические и физические характеристики, но еще и интеллектуальные, и биологические. Кроме того, эволюционное развитие человека символизирует создание социальных систем, государственных структур и т.д.

Выше было отмечено, что сигнификат данного треугольника имеет многозначность, что приводит к определенным трудностям изложения сути теории систем. Приведем определение термину «система» из энциклопедического издания [8].

Система – множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которое образует определенную целостность, единство.

Ключевыми словами данного определения являются «множество», «элемент», «отношение», «связь», «целостность» и «единство». По своей сути, толкование и раскрытие этих терминов составляет содержание знаний о существующих системах и их свойствах. Приведенное определение термину «система» тесно связано с определением понятия «закон», так как именно через тенденции, законы и закономерности можно изучать эволюционное развитие систем, какими бы они не были: техническими, биологическими или социальными.

Воспользуемся апробированным лексикографическим произведением [9], где приводятся три определения термину «закон» в различных предметных областях.

Закон – связь и взаимозависимость, каких-либо явлений объективной действительности (законы развития природы и общества).

Закон – постановление государственной власти (Конституция, кодексы законов о семье, уголовный кодекс и др.).

Закон – общеобязательное правило, то, что признается обязательным (Государственные планы, стратегии развития и т.д.).

Введем в терминологическую систему еще два фундаментальных понятия, без которых сложно создать целостный образ Мира систем, их многообразия и развития. Такими понятиями являются интеллект и ноосфера.

Для определения термина «интеллект» воспользуемся авторитетной энциклопедией «Британика» [10], где дана следующая формулировка этому термину.

Интеллект – качество психики, состоящее из способности адаптироваться к новым ситуациям, способности к обучению на основе опыта, пониманию и применению абстрактных концепций и использованию своих знаний для управления окружающей средой.

Из определения видно, что оно семантически тесно связано с еще одним фундаментальным понятием – «ноосфера».

Ноосфера – сфера разума; сфера взаимодействия общества и природы, в границах которой разумная человеческая деятельность становится определяющим фактором развития (эта сфера обозначается также терминами «антропосфера», «биосфера», «биотехносфера») [11].

В самом обобщенном виде схему взаимодействия общества с природой (человека с природой), приводящего к изменению, как природы, так и общества, покажем схематично на рисунке 2.5.



Рисунок 2.5 – Обобщенная схема развития общества и природы

Здесь изображены в обобщенном виде три основных компонента ноосферы – материальные системы и связанные с ней процессы и явления, с одной стороны, а с другой, абстрактные и идеальные системы формально или вербально описывающие эти материальные системы, процессы и явле-

ния. Третьим компонентом представлена интеллектуальная деятельность людей, способных обучаться, создавать абстрактные модели изменяющего мира и делать его лучше и совершеннее. По сути уже на этапе формулировок основных понятий, выделены два класса систем – материальные и абстрактные.

Приведем пример соответствия материальной системы ее абстрактному описанию, позволяющему глубже понимать происходящие в ней процессы и явления. На рисунке 2.6 в левой части изобразим высшую школу как совокупность вузов с соответствующей системой управления и администрирования, а в правой части – методологические основы педагогики высшей школы.

Абстрактные системы представляют собой основы методологии науки, эволюция которых показана в работе [1]. Они как система учений о методах, методиках и средствах познания мира будут рассмотрены ниже.

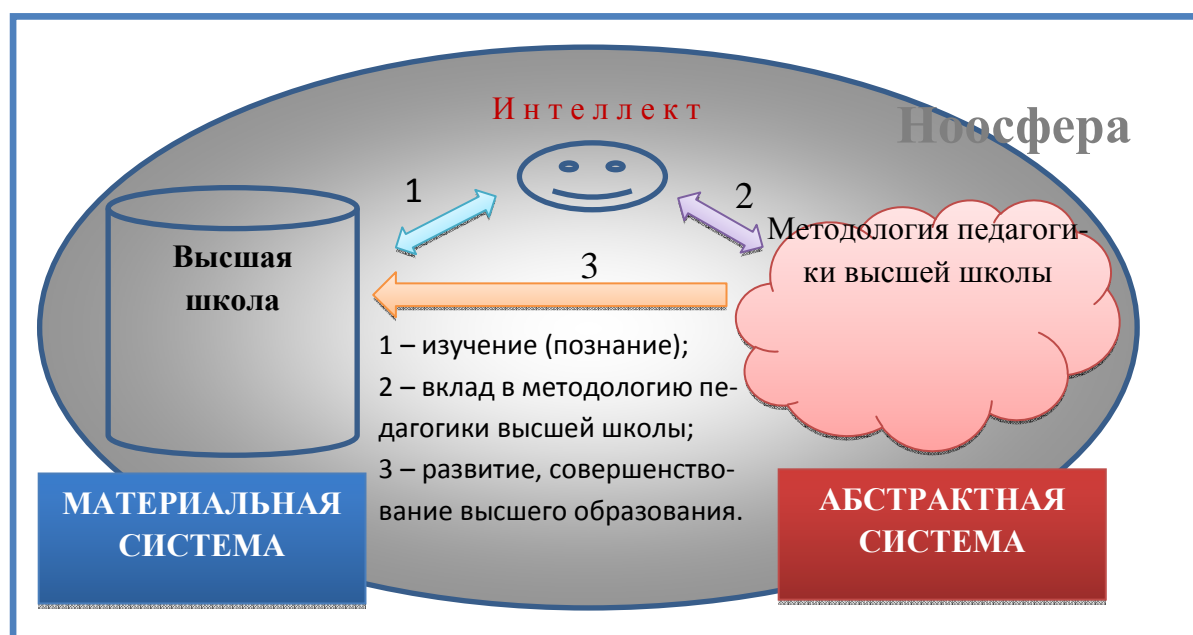


Рисунок 2.6 – Пример материальной и абстрактной систем с высоким уровнем обобщения

Высокий уровень обобщения рассматриваемых систем обуславливает изучение их свойств. Одним из фундаментальных свойств систем является порядок и структура их построения. В глобальном понимании различают макро- и микромир систем, между которыми существует бесконечное

множество промежуточных систем с их бесконечным множеством состояний.

Поэтому одним из основных свойств систем считается **иерархичность**. Отсюда и возникают специальные понятия, которые задают порядок в описании иерархии систем. Например, атомарный элемент, элемент (компонент), подсистема (комплекс подсистем), система (надсистема), глобальная система (мировая система). При решении практических задач с большим числом уровней иерархии каждому из уровней присваивается численное значение.

Атомарный элемент – неделимая часть системы.

Например, рассматривая механические часы как сложную механическую систему, атомарными элементами можно считать их детали, пружину, шестеренки, храповик и т.д. (см. рис. 2.7).

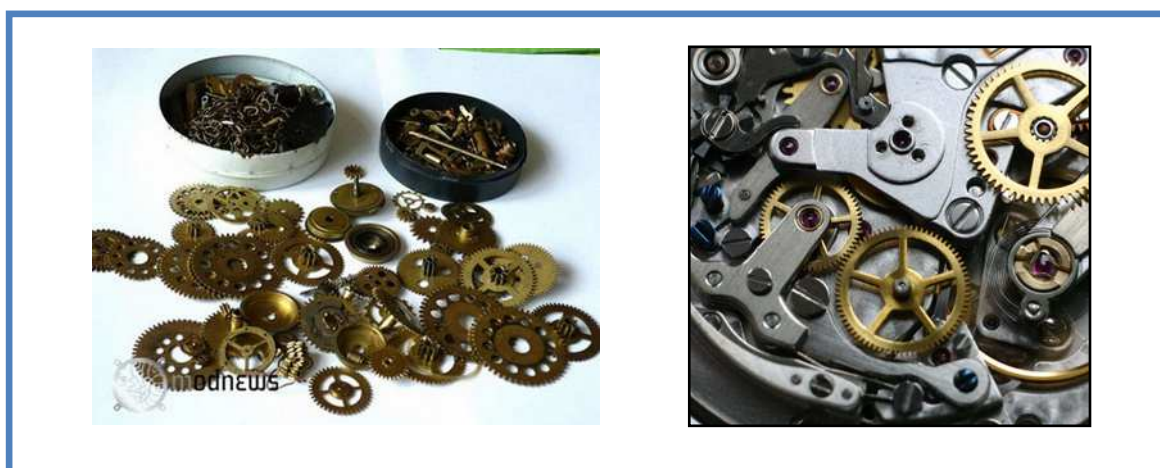


Рисунок 2.7 – Элементы (детали) механических часов и их сборка

Приведем еще один пример для студентов, изучающих геодезические приборы. Выберем в качестве сложной системы прибор для измерения горизонтальных и вертикальных углов – теодолит (см. рис. 2.8). Изучая устройство этого прибора, обнаруживаем, что его структурные элементы (детали) неделимы, т.е. представляют атомарные элементы этого прибора.

Элемент – самостоятельная часть, являющаяся основой чего-либо, например, системы или некоторого множества объектов.

Например, в качестве самостоятельной части в электромеханических устройствах используются реле. Оно предназначено для замыкания и размыкания электрических цепей большой мощности и является неотъемле-

мой частью различного вида контакторов на электротранспорте (трамваях, троллейбусах, метро и т.д.).

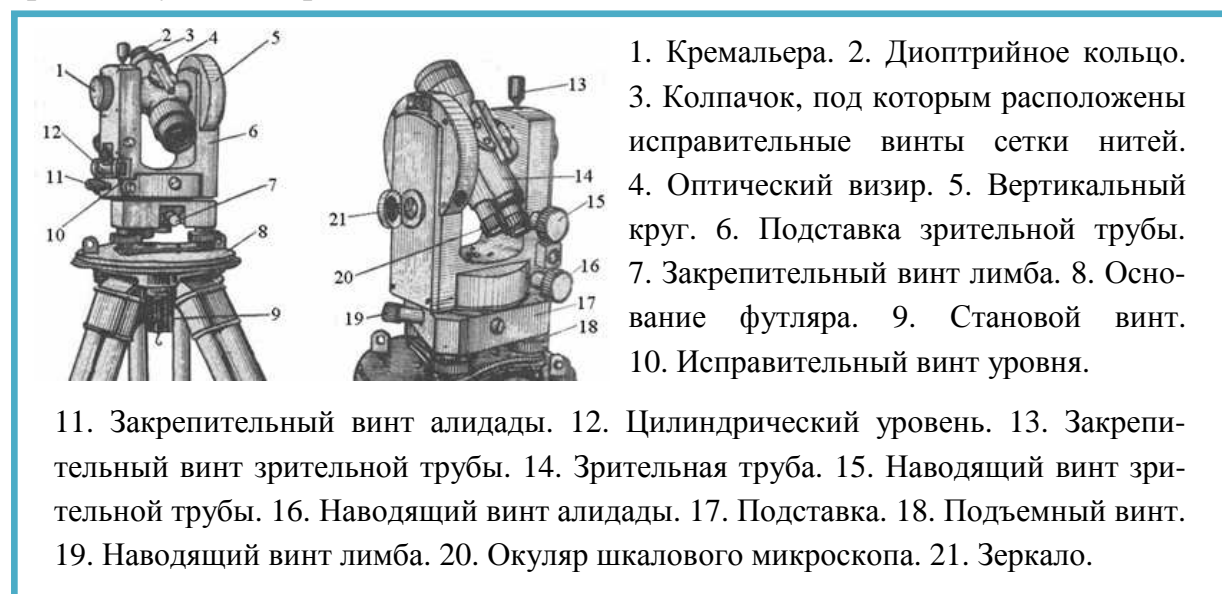


Рисунок 2.8 – Схема геодезического прибора теодолита

Кроме того, используются в бытовых устройствах и приборах, таких как холодильники, стиральные машины и др. Внешний вид и схема электромеханического реле показана на рисунке 2.9.

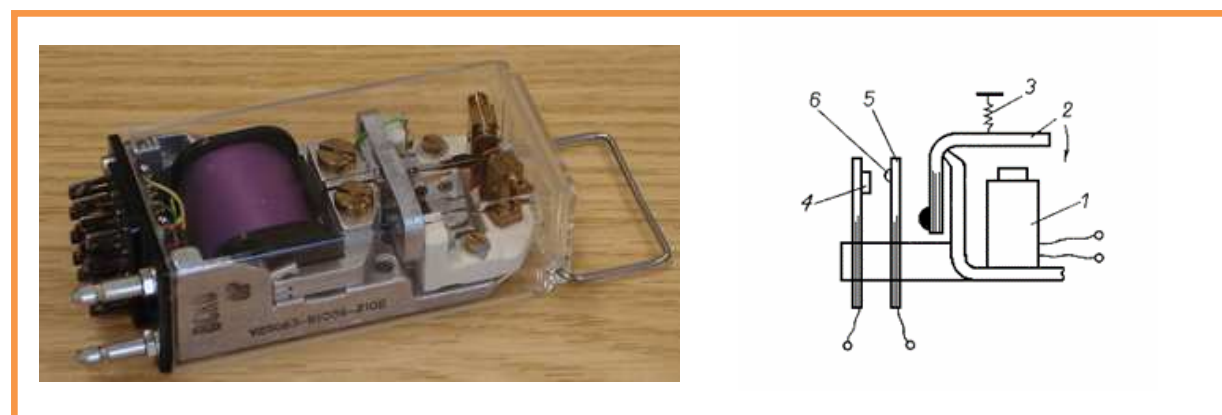


Рисунок 2.9 – Внешний вид реле и его принципиальная схема

Видно, что электромеханическое реле состоит из нескольких атомарных элементов – электромагнитной катушки со стальным сердечником (1), якоря (2), пружины (3), неподвижного контакта (4) и подвижной пластины (5) и контактов (6). Данный элемент является самостоятельной частью,

сложных электрических систем (устройств), например, электрических цепей электротранспорта, электробытовой техники и др.

Подсистема – это система, которая входит в другую систему как элемент.

Подсистемы сложных систем удобнее иллюстрировать при помощи так называемых блок-схем. Покажем отдельные подсистемы на примере телевизора. Представим телевизор сложной системой, в состав которой входят следующие подсистемы: блок питания, блок управления, радиочастотный блок, канал звукового сопровождения, динамик, канал изображения, модуль цветности, декодер цветности, блок управления видеоматрицей и собственно видеоматрица (см. рис. 2.10).

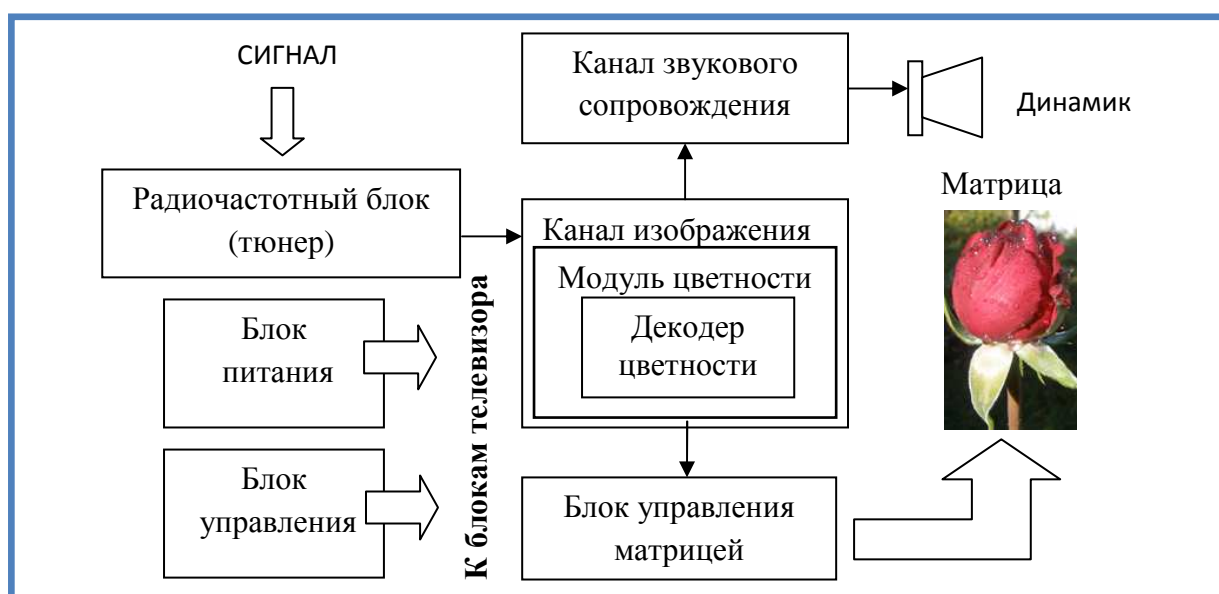


Рисунок 2.10 – Упрощенная блок-схема телевизора

Глобальная система – система мирового масштаба. Такие системы имеют сложную многоуровневую и многофункциональную структуру.

Одной из таких систем является глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС, обобщенная структура которой показана на рисунке 2.11. Здесь выделены три сегмента, представляющие собой сложные системы, например, ракеты, спутники, системы космической связи и контроля космического пространства, современные геодезические приборы, навигаторы и т.д. Подробно характеристики данной системы изучаются в курсе «Спутниковая геодезия». (МУП)

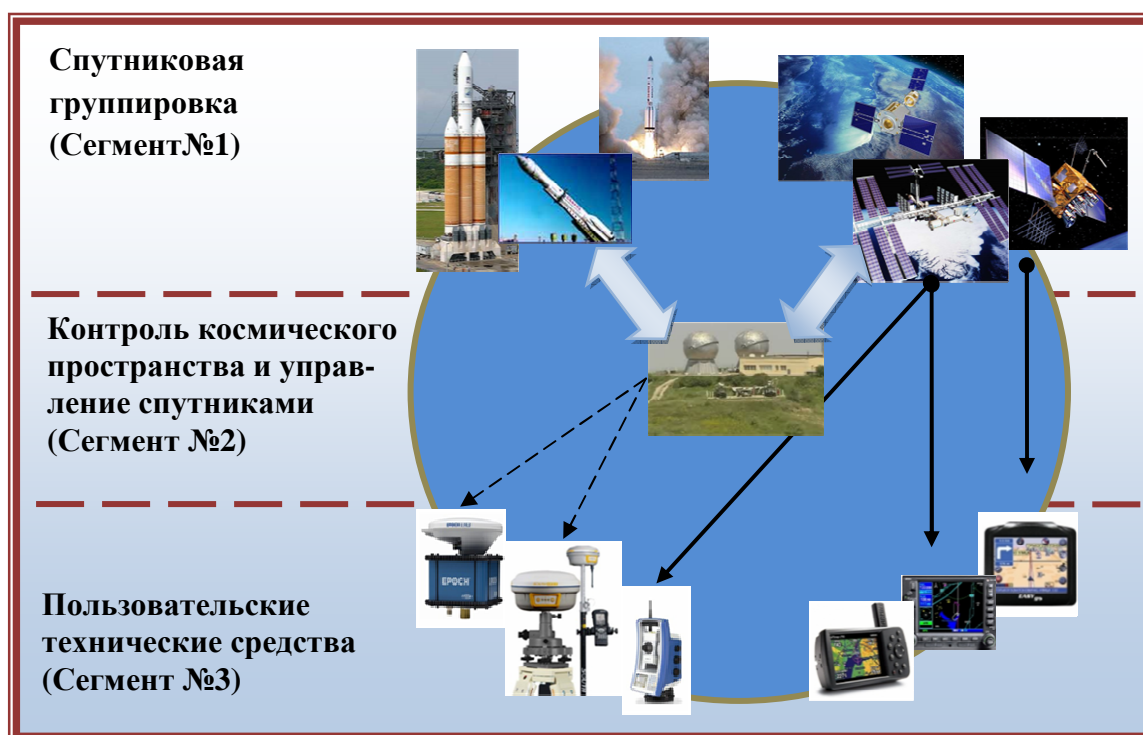


Рисунок 2.11 – Обобщенная структурная схема глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС

Как правило, глобальные рукотворные системы имеют признаки многих сложных систем, например, технических, организационных, финансовых, интеллектуальных и т.д. Они будут рассмотрены ниже на конкретных примерах.

Из определения термина «система» видно, что семантику (смысл) этого термина определяют такие понятия как «связь» или «отношение», а также «целостность» и «единство».

Под термином «связь» будем понимать взаимодействие или отношение элементов между собой, определяющих структуру системы и ее размещение в пространстве и времени. Обычно рассматриваются следующие типы связей: материальные, энергетические, информационные. Это понятие характеризует одновременно и структуру (статику), и функционирование (динамику) сложной системы. Связи в сложных системах характеризуются направлением (направленные и ненаправленные), силой (сильные и слабые), характером (связи подчинения, равноправные связи), а также местом приложения (внутренние и внешние) и направленностью процессов в системе и ее частях (прямые и обратные). Кроме того, связи различают по

степени гибкости (жесткие – неизменные и гибкие – изменяющиеся), а также по степени важности для выполнения системой своих функций (системообразующие, т.е. функционально необходимые; дополнительные, повышающие качество и эффективность работы системы и избыточные, противоречивые – ухудшающие работу системы).

Понятие терминов «целостность» и «единство» тесно связано с понятием «функционирование» сложных систем. **Целостность** системы означает, что каждый элемент системы вносит вклад в реализацию целевой функции системы, а **единство** – взаимосвязь определенных элементов и подсистем сложной системы, а также процессов в ней протекающих, которая образует целостную систему взаимодействия и обеспечивает внутреннюю устойчивость системы к внешним воздействиям.

Понятие **функционирование систем** может быть связано с их управлением, т.е. с целенаправленной реализацией системой своих функций. В других случаях функционирование систем определяется как процесс переработки входной информации в выходную.

Таким образом, в настоящем подразделе приведены только основные понятия теории систем, которые иллюстрируются соответствующими примерами за исключением важного понятия «свойство системы». Толкованию данного понятия посвящен следующий подраздел учебного пособия.

2.3 Свойства систем

Обобщим сказанное выше и выделим основные свойства сложных систем. Их будем иллюстрировать на примерах национальной образовательной системы, в частности системы высшего образования, которая на наш взгляд, является одной из самых сложных существующих систем и имеет признаки организационных, технических, информационных, интеллектуальных и других систем.

Ориентированность – зависимость каждого элемента системы от его места, функций внутри целого.

Данное свойство можно проиллюстрировать тем, что в системе высшей школы все процессы, протекающие в ней ориентированы на обучение и воспитание студентов, и формирование у них системы профессиональных знаний. Такая ориентация показана на примере ВУЗа (см. рис. 2.12).

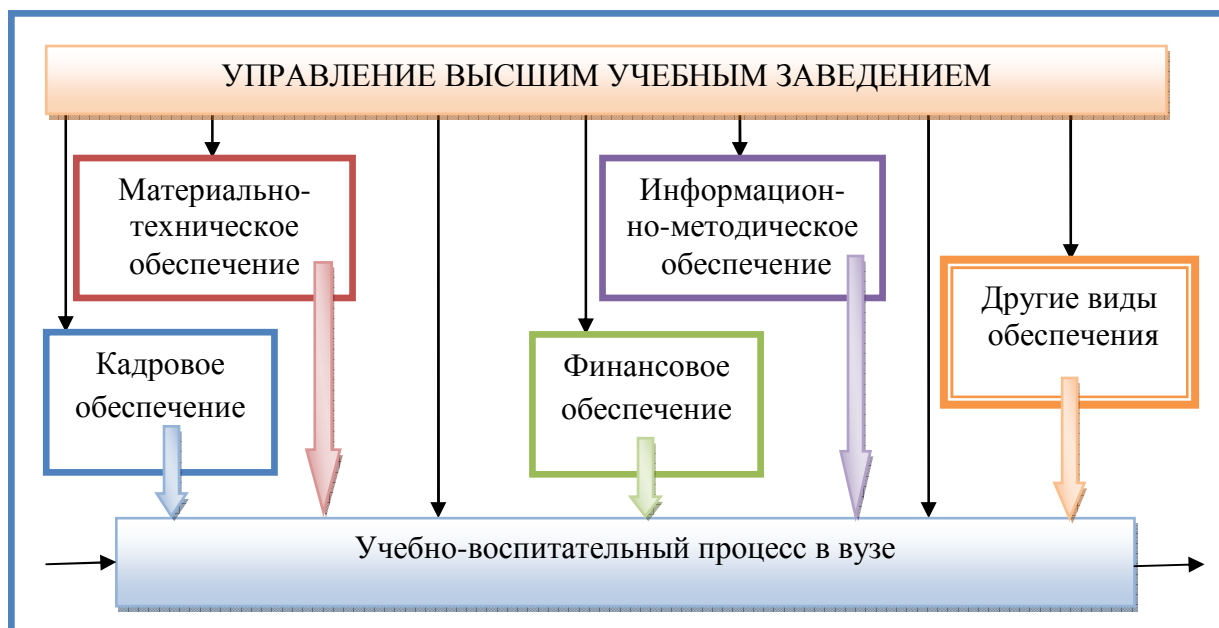


Рисунок 2.12 – Иллюстрация свойства «Ориентированность»
на примере высшего учебного заведения

На рисунке 2.12 формально представлен учебно-воспитательный процесс как некоторая система упорядоченных действий, выполняющих функции обучения, воспитания и образования, которая должна обеспечивать его всем необходимым с целью повышения эффективности данного процесса. К сожалению, во многих современных ВУЗах недостаточно внимания уделяют этому свойству, которое в значительной мере оказывает влияние при формировании рейтингов того или иного ВУЗа.

Конфигурируемость – способность изменения структур элементов и подсистем сложной системы с целью оптимизации ее работы, повышение функциональных возможностей и эффективности функционирования.

В качестве примеров конфигурируемой структуры системы высшего образования можно привести изменение структуры департамента высшего образования (министерский уровень), объединение высших учебных заведений и ликвидация не прошедших аккредитации ВУЗов (региональный уровень), реформирование структуры вузов (уровень ВУЗов), реструктуризация факультетов и кафедр (уровни факультетов и кафедр) и т.д. Порядок установления данного свойства определен Законом Украины о высшем образовании. На примере изменения организационной структуры кафедры (см. рис. 2.13) показано, как изменяется структура основного подразделе-

ния кафедры в случае открытия на ней новой специальности, в данном случае специальности Б.

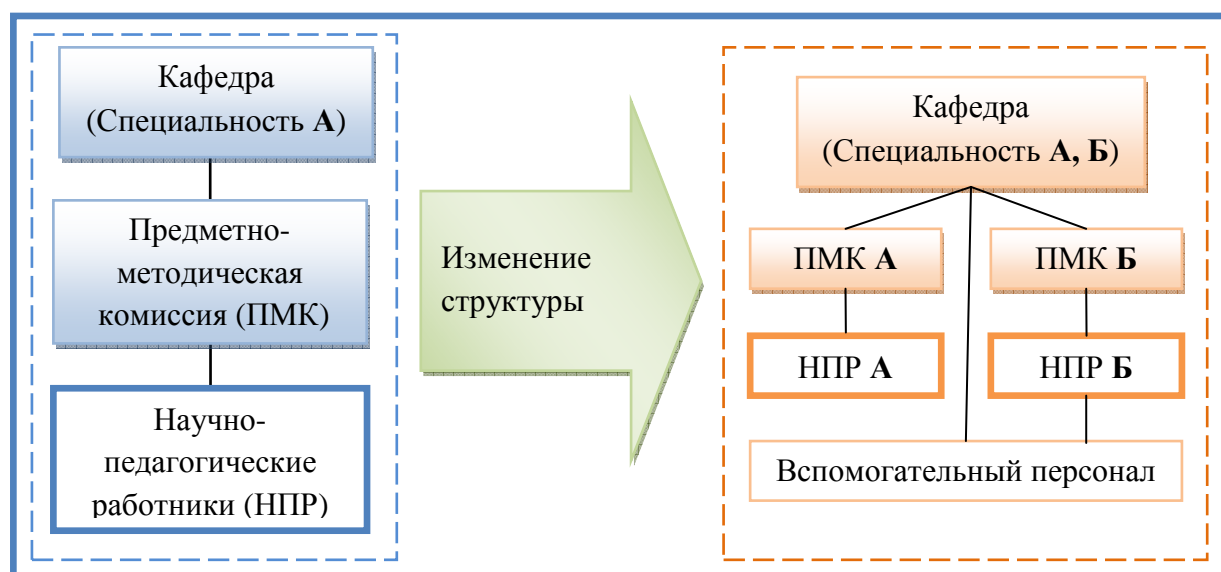


Рисунок 2.13 – Иллюстрация свойства конфигурации на примере кафедры ВУЗа

Взаимосвязанность структуры и среды – формирование и проявление свойств системы в процессе ее взаимодействия со средой. При этом система должна быть ведущим активным компонентом взаимодействия. Воспользуемся рисунком 2.13 для иллюстрации этого свойства и покажем на рисунке 2.14, как взаимодействует кафедра со средой. В данном случае кафедра является сложной системой, а среда – рынок труда, для которого кафедра подготавливает специалистов. Здесь показано, что между рынком труда и структурой кафедры существует зависимость в виде причинно-следственной (казуальной) связи. При возникновении на рынке труда спроса на специалистов специальности Б, кафедра изменяет структуру и добавляет необходимые для обучения предметно-методическую комиссию Б, в которую входят научно-педагогические работники и вспомогательный персонал для обеспечения подготовки требуемых специалистов по специальности Б.

Кроме того, рассматривая среду в широком смысле этого слова, кафедра как сложная система имеет обширные связи с общественностью. Это и научные коммуникации, договорные отношения между кафедрой и

предприятиями, организациями и фирмами, в том числе и международные связи и отношения.

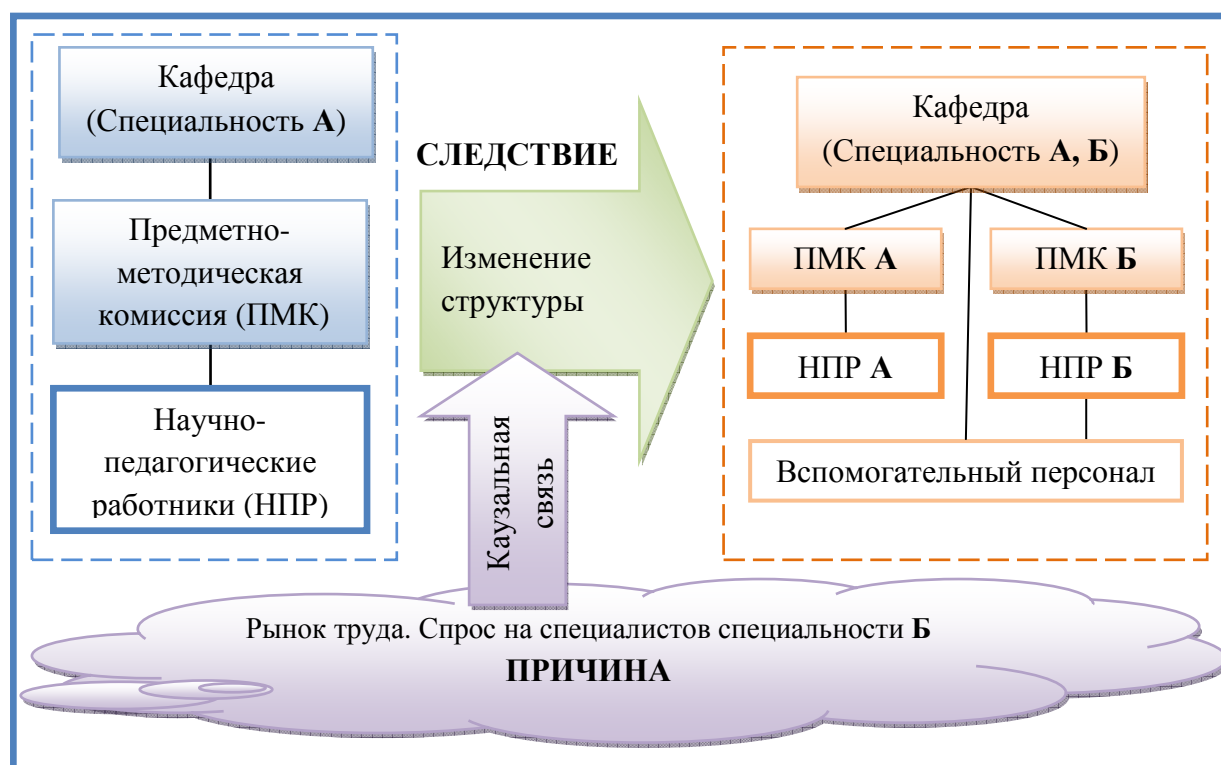


Рисунок 2.14 – Иллюстрация свойства взаимосвязи структуры и среды

Иерархичность – наличие нескольких уровней, при которых каждый компонент системы можно рассматривать как отдельную систему, а первичную систему – как один из компонентов более широкой, глобальной системы. Данное свойство уже показано на рисунке 2.14, где, в том числе, приведена иерархия организационной структуры кафедры. Детализирует и ставит в соответствие элементы организационной структуры кафедры и ВУЗа в целом штатное расписание, где указана иерархия должностей, количественный состав подразделений ВУЗа и т.д. Для ВУЗа четвертого уровня аккредитации Законом Украины о «Высшем образовании» определена следующая иерархия должностей научно-педагогических работников (см. рис. 2.15).

Исполнение должностных отношений научно-педагогических работников в ВУЗе регламентируются не только образовательными законами, но также учеными степенями и званиями, что обуславливает сложность от-

ношений внутри организационной структуры ВУЗа и кафедры, в частности.

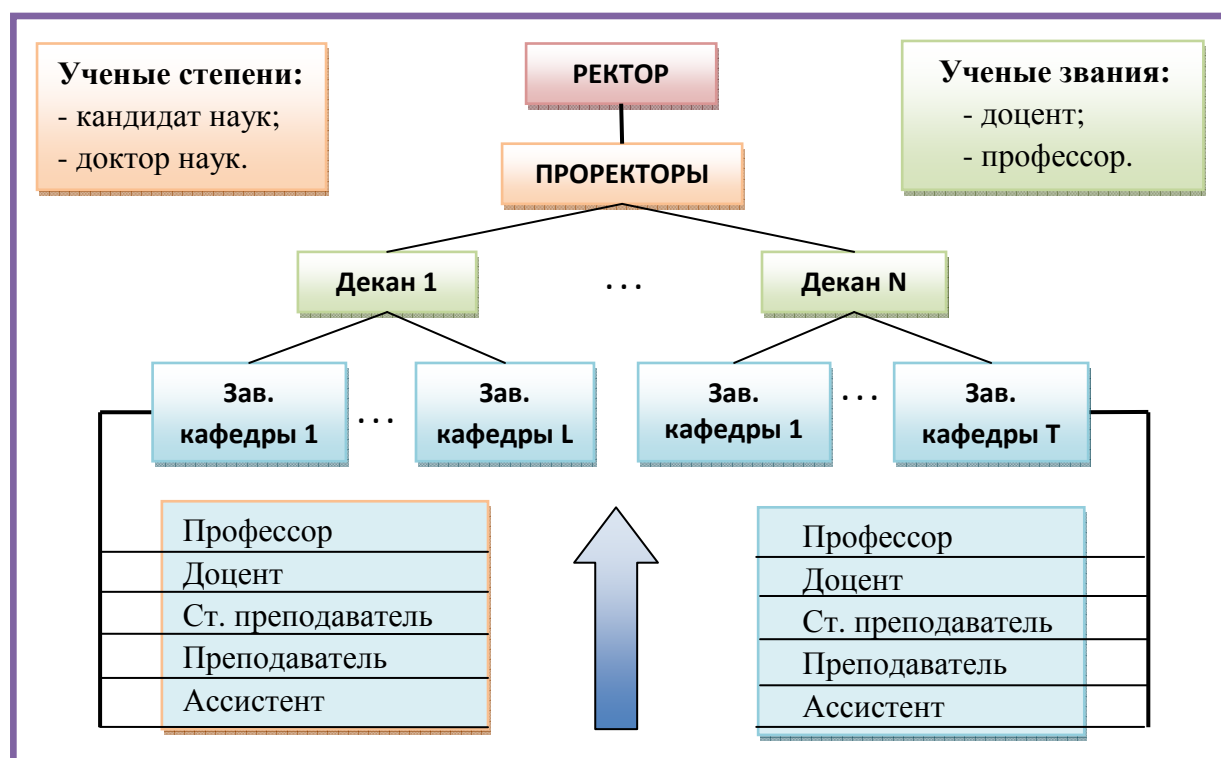


Рисунок 2.15 – Иллюстрация иерархии должностных отношений

Множественность описания – ввиду сложности рассматриваемых систем, в том числе системы «высшая школа», их познание требует построения множества моделей, каждая из которых отражает лишь определенный аспект функционирования систем. Как правило, описание концептуальной сущности и принципиальных положений создания и функционирования сложных систем осуществляется естественным языком. К таким описаниям, например, относятся законы, постановления, уставы, инструкции, формуляры и другие виды нормативных документов.

Многообразие элементов и разновидностей связей в системе «высшая школа», а также специальные функции, такие как обучение, воспитание и выполнение научной деятельности приводит к тому, что для исследования процессов и явлений, протекающих в данной системе, используется математическое описание, т.е. математическое моделирование. Использование математического языка для описания сложных систем будет показано ниже в п.п. 2.7.

Рассматривая учебный процесс в высшей школе как систему формирования профессиональных знаний у студентов, а также используя методы семиотики для описания некоторой, изучаемой студентами предметной области, процесс обучения представим моделью, изображенной на рисунке 2.16.

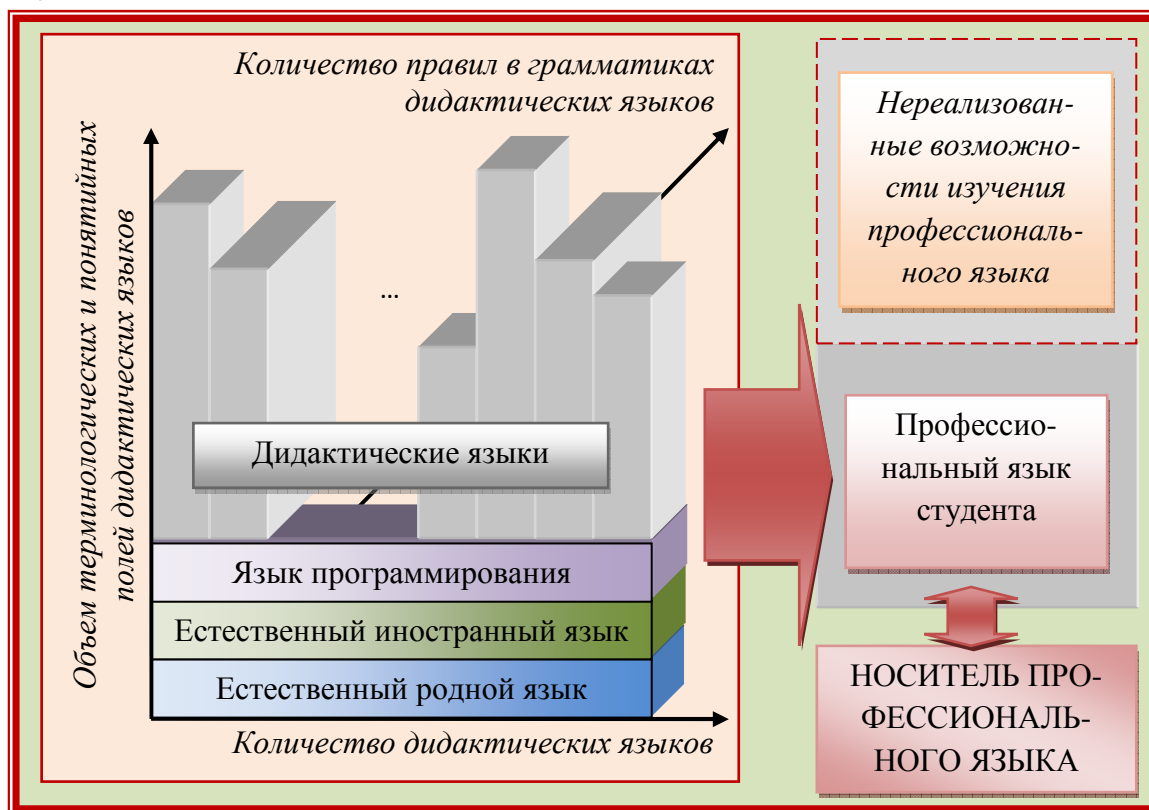


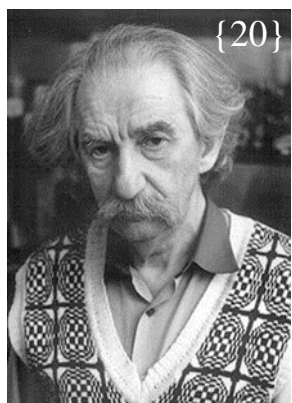
Рисунок 2. 16 – Модель дидактических языков, обеспечивающих формирование у студентов систему профессиональных знаний

Семиотика – наука, исследующая свойства знаков и знаковых систем. По определению Ю. М. Лотмана [20], под семиотикой следует понимать науку о коммуникативных системах и знаках, используемых в процессе общения [23].

Система «высшая школа» является коммуникативной, так как в основе учебного процесса лежат учебные коммуникации между преподавателями и студентами, а под знаками будем понимать алфавит родного и иностранных естественных языков и дидактические образы, обеспечивающие наглядность понимания изучаемого материала.

Под дидактическими языками здесь понимаются языки преподавания тех или иных дисциплин, у которых грамматика интерпретируется как

правила соответствующих методик или технологий ее преподавания (изучения). Детально роль и место языка в образовании изложено в работе [1].



{20}

Юрий Михайлович Лотман (28 февраля 1922, Петроград – 28 октября 1993, Тарту) – советский литературовед, культуролог и семиотик. Один из первых разработчиков структурно-семиотического метода изучения литературы и культуры в советской науке, основоположник Тартуско-московской семиотической школы. Член-корреспондент Британской академии наук (1977 г.), член Норвежской академии наук (1987 г.), академик Шведской королевской академии наук (1989 г.) и член Эстонской академии наук.

Физическая неоднородность и большое число элементов. Данное свойство характерно современным государственным образовательным системам, имеющих миллионы элементов (субъектов) и большое многообразие социально-технических, экономических и других отношений. Физическую неоднородность продемонстрируем на примере организационно-технических системах или так называемых человеко-машинных (эргодических) системах, которые временно (по расписанию занятий в вузе) организуются в процессе выполнения студентами лабораторных работ в компьютерном классе (см. рис. 2.17).

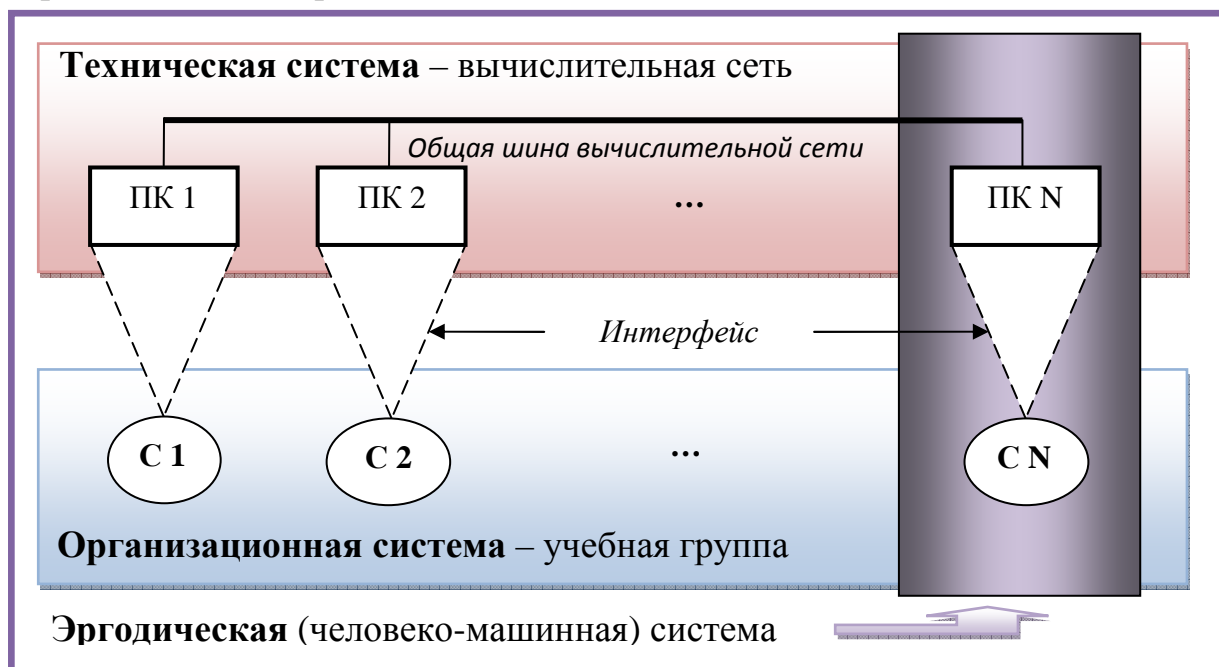


Рисунок 2.17 – Иллюстрация организационно-технической системы и ее свойств физической неоднородности на примере выполнения лабораторной работы студентами в компьютерном классе

На рисунке 2.17 обозначено ПК 1, ..., ПК N – персональные компьютеры, объединенные топологией «общая шина» в вычислительную сеть; С 1, С 2, ..., С N – студенты учебной группы в количестве N студентов, выполняющих лабораторную работу.

Многофункциональность – способность к реализации некоторого множества функций. Можно привести множество примеров сложных систем с многофункциональными возможностями – это и мобильный телефон, телевизор, многофункциональная бытовая, вычислительная и сельскохозяйственная техника и т.д. Все эти устройства, как правило, относятся к техническим или механическим сложным системам.

В начале данного подраздела принято решение иллюстрировать свойства сложных систем на примерах системы «высшая школа». Возникает вопрос, как проявляет себя рассматриваемое свойство в сложных системах типа высшего учебного заведения? Отвечая на поставленный вопрос, следует иметь в виду, что человека можно рассматривать как сложную интеллектуальную биологическую систему. Следовательно, многофункциональность человека заложена самой природой. По крайней мере, исторически можно выделить две основные функции, выраженные через труд – интеллектуальный и физический. В системе высшей школы принято результаты интеллектуального труда человека (обучение, изучение) и физического труда (учебная и производственная практика) называть знаниями, умениями и навыками. Обобщение этих понятий привело к новому понятию – «компетенция человека». Таким образом, обученный человек может выполнять разные функции в различных эргодических системах, оператором которых он является, будь то выполнение лабораторной работы, как это показано на рисунке 2.17, или управление сложными механическими и измерительными системами, например, самолет, сельскохозяйственная техника, вооружение и военная техника, геодезические измерительные приборы и т.д. Отметим расширение функциональных обязанностей современных научно-педагогических работников ВУЗов в условиях информационно-коммуникационной революции. Современный преподаватель должен не только знать основы построения информационных технологий, используемых в ВУЗах, но и многое уметь, в частности, создавать и сопровождать персональные сайты, использовать web-технологии с целью обучения, образования и воспитания студентов и т.д.

Непрерывность функционирования и развития. Данное свойство в образовательных системах имеет свою специфику. История создания высшего учебного заведения начинается с создания Платоновской Академии – первого высшего учебного заведения, которое представляло собой в 380 году до нашей эры религиозно-философский союз. Она просуществовала почти 1000 лет до 529 года. С трансформацией высшего образования в эволюционном развитии систем можно ознакомиться в работе [1].

Здесь отметим лишь некоторые особенности рассматриваемого свойства современных высших учебных заведений. К первой особенности отнесем циклический характер непрерывного функционирования высших учебных заведений. Цикл функционирования определяется временем подготовки бакалавров и магистров. Ко второй особенности следует отнести современные тенденции дистанционного обучения с использованием web-технологий, а также системы управления курсами Moodle. Кроме того, современным высшим учебным заведениям характерны тенденции их интеграции в транснациональные суперсложные системы, что подтверждается созданием в Европе Утрехтской сети университетов. В ее состав входит 34 университета из 26 государств. В таблице 2.1 фрагментарно показано соответствие государств и принадлежащих им университетов, входящих в Утрехтскую сеть.

Таблица 2.1

Отдельные государства и университеты Утрехтской сети

Государство	Университет	Государство	Университет
Австрия 	Университет Граца	Норвегия 	Университет Бергена
Бельгия 	Антверпенский университет	Испания 	Мадридский университет
Чехия 	Масариков университет	Литва 	Вильнюсский университет
Дания 	Орхусский университет	Италия 	Болонский университет
...	Всего 26 государств и 34 университета		...

Утрехтская сеть является ассоциацией университетов Европы. Сеть способствует интернационализации высшего образования путем организации летних школ, обмена студентами и преподавателями и взаимным присвоением ученых степеней.

Надежность – свойство сложных систем сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения. Такая интерпретация свойства справедлива для большинства сложных систем. Вместе с тем, термин «надежность» впервые начал использоваться для оценки рассматриваемого свойства сложных технических систем. Надежность таких систем в «широком смысле» рассматривают как комплексное свойство, которое в зависимости от назначения системы и условий ее эксплуатации может включать в себя свойства *безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости*, а также определенное сочетание этих свойств.

Большое разнообразие сложных технических систем и исследование их надежности привели к созданию теории надежности, где исследуются перечисленные выше свойства, используя следующие показатели: вероятность безотказной работы, средний ресурс, средний срок сохраняемости и среднее время восстановления. Одним из эффективных методов повышения надежности сложных систем является резервирование их подсистем и элементов. Ярким примером резервирования целого проекта, посвященного исследованию Марса, является изготовление и запуск на планету двух одинаковых космических аппаратов «Оппортьюнити» {14}, и «Спирит» {15} с целью повышения вероятности выполнения основной задачи исследования поверхности Марса.

Необходимо отметить влияние на надежность сложных систем таких, как автоматизированные системы управления (АСУ) человека-оператора.

Под *надежностью* человека-оператора понимается совокупность его свойств, проявляющихся при его участии в функционировании АСУ и влияющих на ее надежность. Основными из этих свойств являются: безошибочность – способность человека-оператора выполнять все заданные операции в заданном порядке; своевременность – способность человека-оператора выполнять заданные операции за заданное время.

Автоматизированные системы управления относятся к эргодическим, т.е. человеко-машинным системам. Признаки эргодичности присутствуют, как это показано на рисунке 2.18, и у современных организационно-технических образовательных систем. Однако, задача строгого оценивания надежности образовательных систем, таких как ВУЗ, факультет, кафедра, до сих пор не решена. Хотя интуитивно можно утверждать, что надеж-

ность, например, кафедры как сложной системы увеличится в случае, когда каждый преподаватель кафедры будет универсальным, т.е. обладать способностью без подготовки провести в любое время любое занятие по любой дисциплине, изучаемой на кафедре. К сожалению, такие универсальные преподаватели встречаются очень редко. Вместе с тем, кафедры с небольшим количеством преподавателей и малым количеством дисциплин по таким «консервативным» дисциплинам, как математика, физика, химия и т.д. могут обеспечить высокую надежность функционирования учебного процесса за счет универсальности своих преподавателей.

Адаптируемость – свойство изменять поведение или структуру с целью сохранения, улучшения или приобретения новых качеств в условиях изменения внешней среды. Обязательным условием возможности адаптации является наличие обратных связей.

Рассматриваемое свойство близко к свойству взаимосвязи и среды, рассмотренном выше, и иллюстрируемое на рисунке 2.14. Синонимом слова «адаптация» является слово «приспособиться». На упомянутом рисунке показана каузальная связь между рынком труда и профилирующей (выпускающей) кафедрой, но не показана обратная связь, которая выражается в изучении руководством и научно-педагогическими работниками кафедры требований рынка труда, выявление особенностей спроса на тех или иных специалистов. На рисунке 2.18 показана такая связь, обозначенная аббревиатурой ОК.

Адаптируемость кафедры к особенностям рынка труда предполагает не только изменение структуры кафедры, но и разработку большого количества нормативных документов, в том числе образовательных стандартов, а также формирование содержания и логики построения учебного процесса для новой специальности.

Эффективность – способность к достижению поставленных целей за определенный период времени при использовании определенного количества ресурсов и возможном наличии отдельных специфических ограничений. Эффективность определяет соответствие между реально полученными (фактическими) и требуемыми результатами целенаправленной деятельности (функционирования) сложной системы. По сути, определяет степень достижения цели.

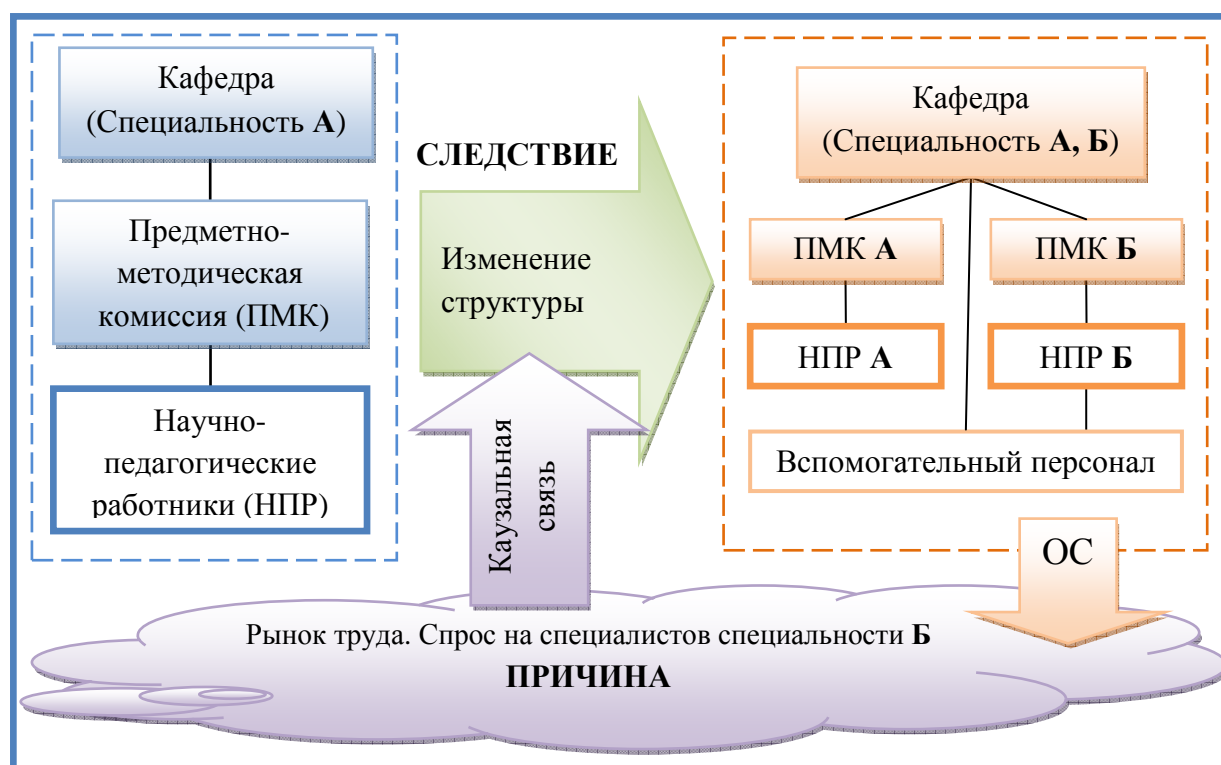


Рисунок 2.18 – Иллюстрация адаптации кафедры к изменениям на рынке труда

Продemonстрируем свойство «эффективность» на разных уровнях иерархии высшего учебного заведения. На атомарном уровне данной системы находятся студенты и преподаватели. Очевидно, что эффективность учебной деятельности студента оценивается группой преподавателей на экзаменационной сессии. Показателем оценивания эффективности данной деятельности является средняя оценка, полученная студентом за все сессионные экзамены. Принято считать, что если студент в сессию получил максимальное количество баллов, то его учебная деятельность в течение семестра была эффективной. В противном случае – менее эффективной.

Оценить эффективность учебной деятельности научно-педагогического работника вуза значительно труднее, т.к. рассматривая его учебную, научную и воспитательную деятельность как сложную систему, возникают трудности с определением соответствующих показателей эффективности. Вместе с тем, по формальным признакам можно оценить разницу между запланированными действиями преподавателя, например, написать конспект лекций по дисциплине или опубликовать научную статью, и реально выполненными действиями. В случае выполнения, взятых на себя обяза-

тельств за исключением учебной нагрузки, учебно-научная деятельность преподавателя считается эффективной. Заметим, что оценка эффективности деятельности научно-педагогических работников значительно сложнее и является предметом научных исследований. Здесь ставится задача показать важнейшее свойство атомарных элементов высшего учебного заведения с точки зрения теории систем. Эффективность функционирования рассмотренных атомарных элементов ложится в основу эффективности функционирования кафедр, факультетов и ВУЗа в целом.

Рассматривая кафедру как сложную систему, показателями оценивания ее эффективности могут быть разные величины: количество написанных преподавателями за отчетный период учебников, пособий, монографий, научных статей, а также денежная сумма, заработанная преподавателями за выполнение хоздоговорных научно-исследовательских работ и т.д.

Эмерджентность – несводимость свойств отдельных элементов к свойствам системы в целом.

Проиллюстрируем данное свойство, которое еще называется «системным эффектом», на примере формирования у студентов системы профессиональных знаний. Для этого введем некоторые допущения и ограничения. Во-первых, будем считать, что система профессиональных знаний у студентов формируется в результате изучения всех дисциплин учебного плана. Во-вторых, учебный план будем считать «идеальным» с точки зрения логики его построения, логических и темпоральных отношений между дисциплинами. В-третьих, учебную дисциплину будем считать «единицей знаний». В-четвертых, профессиональные знания у студентов формируют научно-педагогические работники не только кафедры, но и отдельные преподаватели университета. В-пятых, научно-педагогических работников будем считать носителями знаний.

Проиллюстрируем это важное свойство рисунками (см. рис. 2.19 и рис. 2.20), где показаны модели двух пограничных состояний ВУЗа. На рисунке 2.19 изображена модель хаотического состояния ВУЗа, характерная для начальной стадии формирования ВУЗа. Особенностью такого состояния является отсутствие каких-либо связей между учебными дисциплинами, а также неупорядоченность научно-педагогических работников по специальностям (кафедрам).

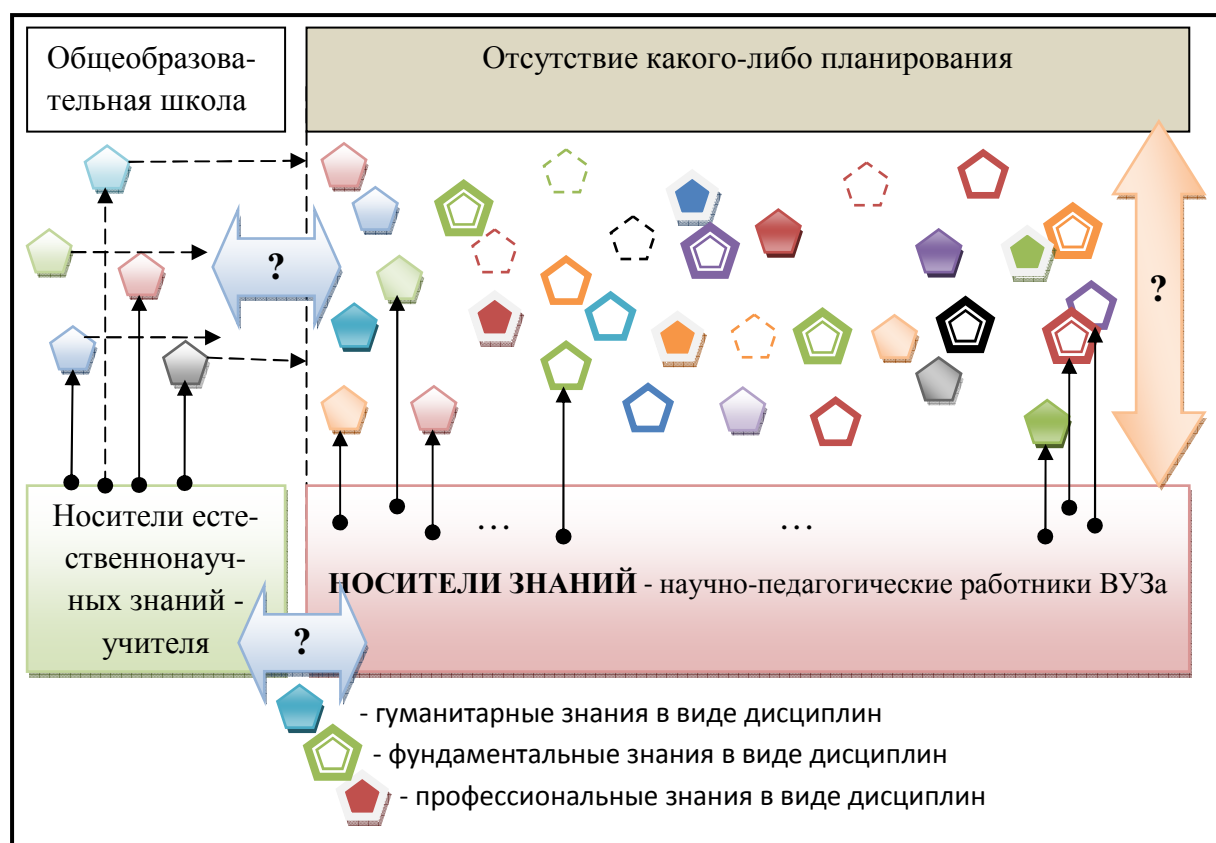


Рисунок 2.19 – Модель хаотического состояния системы формирующегося ВУЗа

Кроме того, на рисунке показано отсутствие какого-либо планирования, в том числе научно-педагогическими работниками, учебных дисциплин. Они, как носители соответствующих знаний (гуманитарных, фундаментальных и профессиональных), еще их не структурировали и не представили в виде учебных программ и других методических документов. Такие знания на рисунке 2.19 показаны пунктирными линиями. На этом же рисунке показано отсутствие каких-либо связей двух систем – системы в виде общеобразовательной школы и ВУЗа как сложной системы.

На рисунке 2.20 иллюстрируется другое пограничное состояние высшего учебного заведения на примере одной специальности. Здесь видно, что знания научно-педагогических работников упорядочены в соответствии с разработанным учебным планом. Таковую модель состояния ВУЗа будем считать «идеальной». В ней все знания научно-педагогических работников упорядочены в соответствии с логикой, их содержанием и современными принципами дидактики, которые представляют собой совокуп-

ность взаимосвязанных дисциплин, упорядоченных темпорально, т.е. между дисциплинами определен порядок их изучения по времени (семестрам). Кроме того, в «идеальной» модели предполагается, что планирование учебного процесса осуществляется на высоком научно-методическом (научно-технологическом уровне), знания научно-педагогических работников хорошо структурированы. Обратим внимание на взаимосвязь системы общеобразовательной школы и высшего учебного заведения. На рисунке 2.20 она помечена знаками «?» и «!». Это означает, что в настоящее время в связи с конкуренцией высших учебных заведений данные связи усиливаются и становятся более актуальными в течение всего учебного года.

Рассмотрение пограничных состояний ВУЗа как сложной системы позволяет проиллюстрировать свойство эмерджентности, т.е. несводимости свойств элементов системы, в нашем случае – это свойства отдельных преподавателей и их квалификация, к свойствам ВУЗа в целом, цель которого – сформировать у студентов систему профессиональных знаний, умений и навыков.

Покажем также на рисунке 2.21, на аналогичной модели одно из промежуточных (реальное) состояние ВУЗа с учетом множества факторов, влияющих на итоговый результат его функционирования.

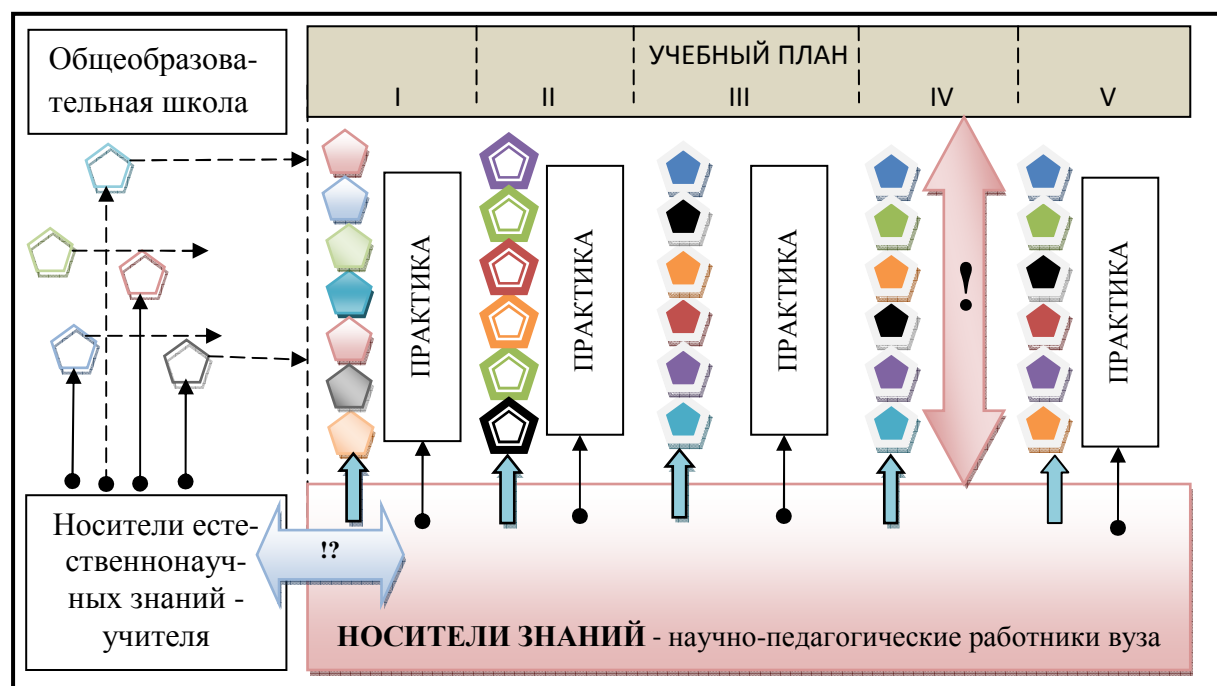


Рисунок 2.20 – Ситуационная модель «идеального» состояния учебного процесса ВУЗа

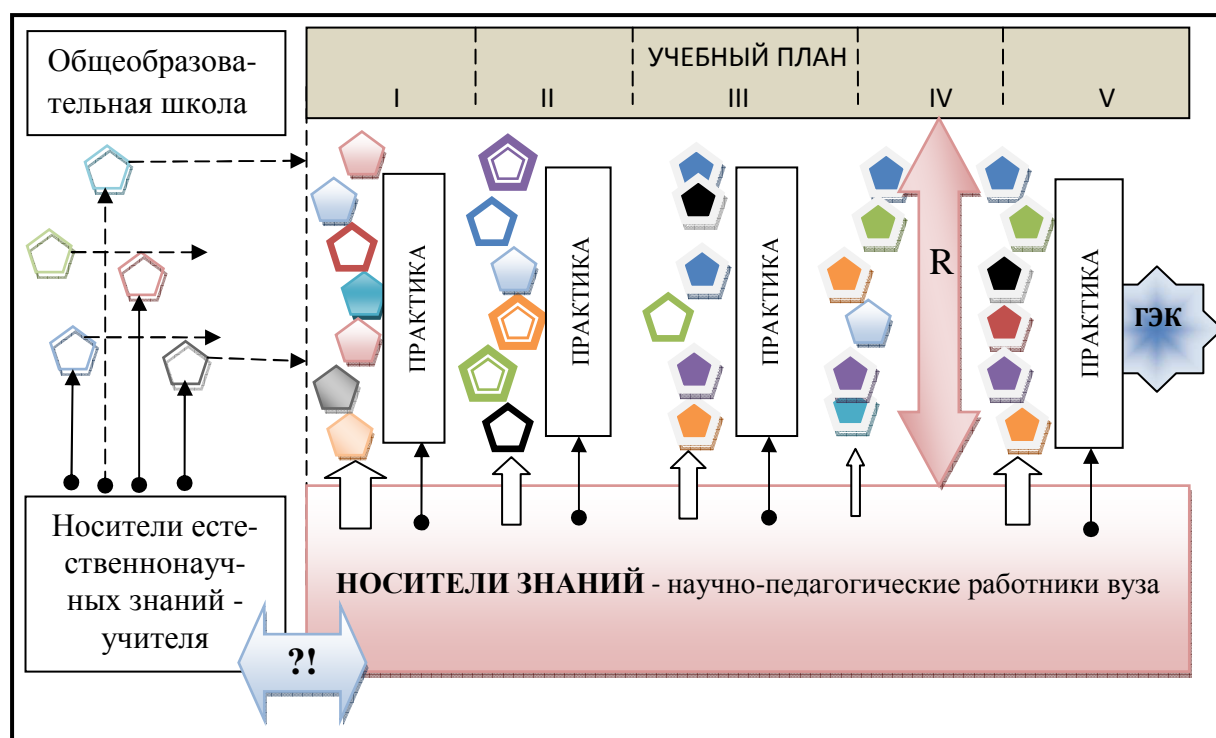


Рисунок 2.21 – Модель реального состояния ВУЗа как сложной системы

Перечислим основные факторы, которые наиболее существенно влияют на итоговый результат функционирования ВУЗа, т.е. на формирование системы профессиональных знаний его выпускников. Во-первых, это качественный состав научно-педагогических работников как носителей знаний, их педагогический и научный опыт. Данный фактор на рисунке 2.21 показан объемными стрелками различной ширины. Во-вторых, качество учебного плана, которое на рисунке 2.21 показано неупорядоченной совокупностью дисциплин, нарушением логики преподавания тех или иных дисциплин, дублированием учебного материала и т.д. В-третьих, качество подготовки студентов, набираемых на учебу по той или иной специальности. Отсюда следует вывод, что свойство эмерджентности тесно связано со свойством эффективности сложных систем, т.к. чем выше эффективность функционирования каждого элемента (субъекта) сложной системы, в нашем случае ВУЗа, тем выше эффективность функционирования ВУЗа в целом.

Гибкость – свойство изменять цель и параметры функционирования в зависимости от условий функционирования (адаптация) или состояния подсистемы (живучесть). Гибкость обеспечивается избыточностью эле-

ментов и обратной связью. Гибкое управление обеспечивает возможность изменения функций и структуры системы и ее параметров. Данное свойство тесно связано со свойством адаптации сложной системы к внешним воздействиям. Оно уже выше частично рассмотрено и иллюстрировано на рисунке 2.18. Обучающим предлагается показать данное свойство на примерах других сложных систем, функционирующих в сферах экономики, промышленности, политики и т.д.

Устойчивость – способность системы противостоять внешним возмущающим воздействиям. От нее зависит продолжительность жизни системы. Последнее десятилетие дало множество примеров устойчивости образовательных систем, особенно это касается устойчивости частных ВУЗов. Под воздействием экономических и политических факторов на Украине прекратили функционирование множество частных ВУЗов, которые оказались неустойчивыми к влиянию внешних факторов, в частности, конкуренции с государственными системами высшего образования. Однако, коммерческие дошкольные образовательные, воспитательные и спортивные системы оказались более устойчивыми к внешним воздействиям, чем высшие учебные заведения.

Уникальные свойства системы «высшая школа Украины»

Обучение многих многими – формирование у студентов системы профессиональных знаний, умений и навыков многими преподавателями в соответствии с образовательными стандартами.

Формирование у студентов способности к самообучению. Способность студентов самостоятельно формировать структуру учебных целевых установок и достигать их в любых условиях.

Формирование образованного и воспитанного человека. Способность формирования у студентов человеческих качеств, направленных на созидание, развитие общества, патриотических чувств и любви к отечеству.

Формирование новых знаний. Данное свойство проявляется в процессе научно-исследовательской деятельности, как преподавателей, так и студентов.

Самоорганизация и самосовершенствование – способность системы (высшего учебного заведения) в условиях научно-технической и информационно-коммуникационной революций вырабатывать решения на

создание новых перспективных специальностей и специализаций, создавать соответствующие учебные планы и внедрять их учебный процесс. Кроме того, способность инициативных преподавателей совершенствовать учебные дисциплины на основе новых знаний, полученных из различных источников и различными методами.

Интеллектуальность основных элементов – способность к обучению и самообучению субъектов (элементов) образовательной системы.

Дискретно-циклический характер функционирования. Способность повторять обучение с заданной дискретностью 4 и 5 лет (подготовка бакалавров и магистров).

Контроль и самоконтроль качественного состояния ВУЗов. Способность контролировать состояние системы на разных уровнях ее иерархии. Это свойство, обеспечивается специальными диагностическими процедурами и мероприятиями, например, лицензированием и аккредитацией ВУЗов, а также отдельных специальностей (уровень факультетов и кафедр). Кроме того, организацией открытых и показных занятий, взаимным посещением занятий научно-педагогическими работниками, ректорских контрольных и т.д.

Таким образом, рассмотрены основные термины и понятия основ теории систем. Показано, что сложность систем обуславливается многообразием составляющих ее элементов и подсистем, а также сложностью и разнообразием отношений между их элементами. Выделены основные свойства сложных систем, а также приведены специальные свойства, которые характерны системе «высшая школа Украины».

2.4 Система как объект исследования. Классификация систем

Любая система может являться объектом исследования. Как отмечается в работе [1], под объектом исследования понимается предметная область. В данном случае объектом исследования будем считать материальный объект, процесс или явление (см. рис. 2.5), который без уточнения свойств и особенностей является нечетким и размытым понятием. Именно для придания понятию «система» большей конкретики, четкости, снижения неопределенности объекта исследования необходима классификация систем по определенным признакам или критериям. Кроме того, класси-

фикация систем позволяет сделать выбор языка описания или формального представления систем, а также методов и способов их исследования.

Классификацией называется разбиение на классы по наиболее существенным признакам. Под классом понимается совокупность объектов, обладающая некоторыми признаками общности. Признак (или совокупность признаков) является основанием (критерием) классификации.

Схематично, используя высокий уровень обобщения систем, покажем на рисунке 2.22 мир систем, на множестве и многообразии которых выделим сложные и простые системы.

Простыми называют системы, не имеющие разветвленных структур, состоящие из небольшого количества взаимосвязей и небольшого количества элементов. Такие элементы выполняют простейшие функции, в них нельзя выделить иерархические уровни. Отличительной особенностью простых систем является детерминированность (четкая определенность) номенклатуры, числа элементов и связей как внутри системы, так и со средой.

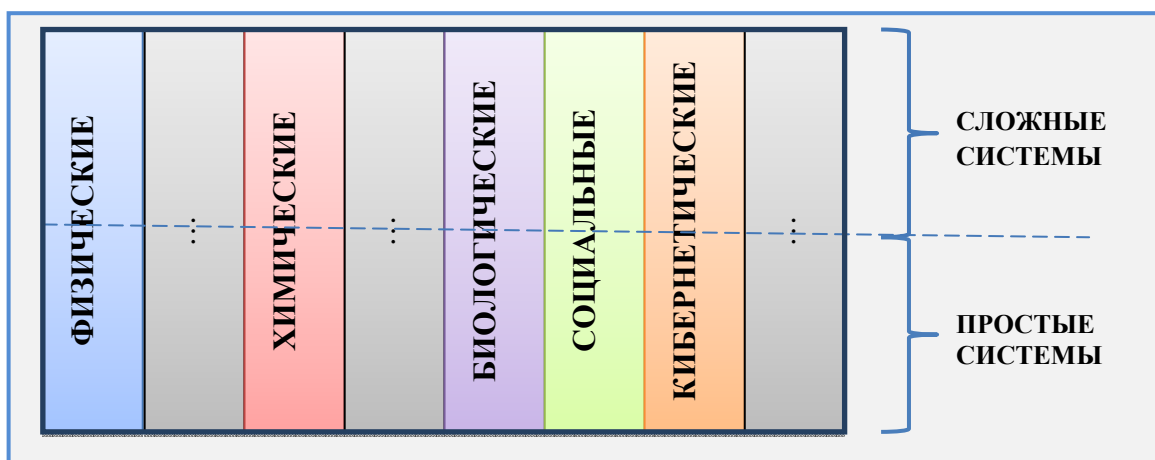
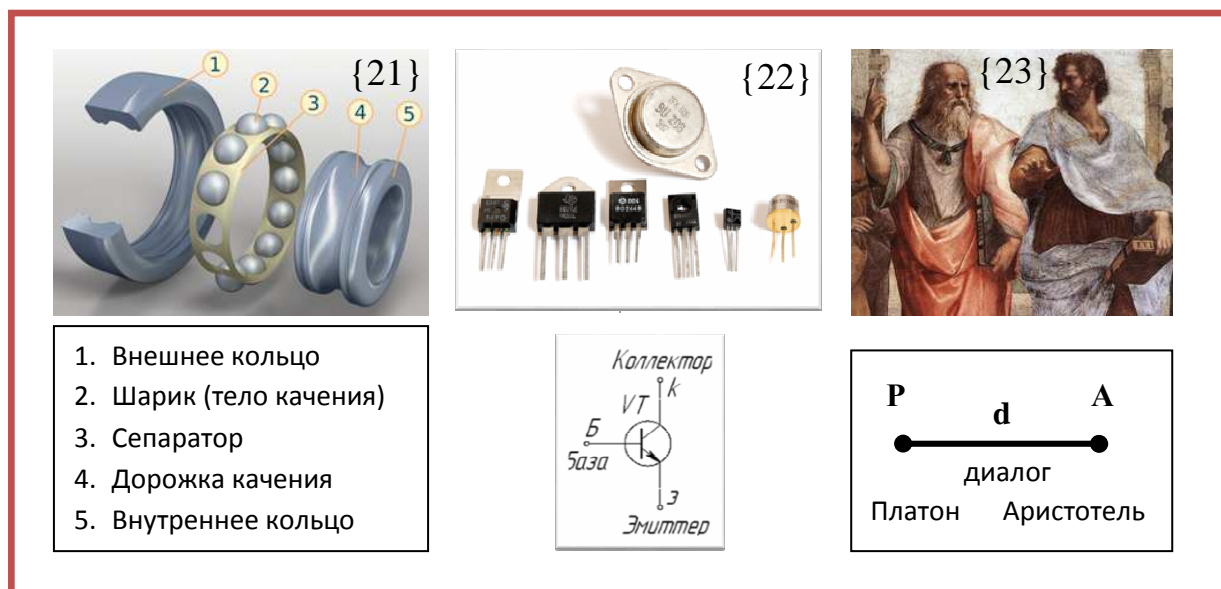


Рисунок 2.22 – Представление мира систем простыми и сложными системами

К простым системам в классе механических можно отнести однорядный радиальный шарикоподшипник {21}, в классе электронных систем – биполярный транзистор {22}, в классе организационных систем – диалог двух людей {23} и т.д.

Из приведенных иллюстраций видно, что шарикоподшипник состоит всего из 5 элементов, транзистор обычно используется для усиления, гене-

рации и преобразования электрических сигналов, имеет всего три вывода (на схеме изображен биполярный транзистор с n-p-n переходом), а диалог между Платоном и Аристотелем в Афинской школе формально представлен графом, состоящим из двух вершин и одного ребра.



Следовательно, приведенные системы можно считать простыми, т.к. они имеют небольшое количество элементов, в них отсутствует иерархия элементов, а связью между элементами шарикоподшипника можно считать силу трения, в биполярном транзисторе – потоки электронов и дырок, а в диалоге Платона с Аристотелем – речевую коммуникацию.

Сложными называют системы с большим числом элементов и внутренних связей, которые характеризуются неоднородностью и разнокачественностью, структурным разнообразием и выполняют сложные функции или множество функций. Компоненты сложных систем могут рассматриваться как подсистемы, каждая из которых может быть детализирована еще более простыми подсистемами и т.д. до тех пор, пока не будет получен элемент.

Сложные системы можно подразделить на следующие факторные подсистемы:

- управляющие (решающие), которые принимают глобальные решения во взаимодействии с внешней средой и распределяют локальные задания между всеми другим подсистемами;

- информационные, которые обеспечивают сбор, переработку и передачу информации, необходимой для принятия глобальных решений и выполнения локальных задач;

- гомеостазные, поддерживающие динамическое равновесие внутри систем и регулирующие потоки энергии и вещества в подсистемах;

- адаптивные, накапливающие опыт в процессе обучения для улучшения структуры и функций системы.

В образовательной системе государства на самом высоком уровне обобщения выделяют следующие подсистемы:

- дошкольного образования;
- полного среднего образования;
- профессионально-технического образования;
- внешкольного образования;
- образования высшей школы;
- последипломного образования.

Детерминантами названных подсистем являются соответствующие законы, которые составляют правовое обеспечение национальной системы образования Украины [1].

Как правило, сложные системы являются большими. Основным признаком больших систем является не наблюдаемость всей системы с позиций одного наблюдателя во времени или в пространстве.

Система может быть большой и сложной. Сложные системы объединяют более обширную группу систем, то есть большие системы являются подклассом сложных систем.

Большими системами называют системы, результат функционирования которых в пространстве и времени невозможно наблюдать одному человеку или группе людей.

Представим в таблице 2.2 одну из классификаций систем.

Приведенные в таблице 2.2 критерии и классы систем могут быть дополнены и образовывать системы, у которых имеются признаки многих классов. Такие системы будем относить к классу комбинированных систем.

Таблица 2.2

Классификация систем
(вариант)

Основание (критерий) классификации	Классы систем
1	2
По назначению	Производящие Управляющие Обслуживающие Обучающие
По взаимодействию с внешней средой	Открытые Закрытые (изолированные) Смешанные
По структуре	Простые Сложные Большие
По характеру функций	Специализированные Многофункциональные (универсальные)
По характеру развития	Стабильные Развивающиеся
По степени организованности	Хорошо организованные Плохо организованные (диффузные)
По сложности поведения	Автоматические Автоматизированные Решающие Самоорганизующиеся Прогнозирующие Превращающие
По характеру связи между элементами	Детерминированные Стохастические
По характеру структуры управления	Централизованные Децентрализованные Смешанные
По характеру функционирования	Непрерывно функционирующие Дискретно функционирующие
По динамике функционирования	Статические Динамические (гомеостазные)

В теории систем выделяют два важных класса материальных (реальных) систем. Это естественные и искусственные системы. Поставим в соответствие этим классам систем абстрактные системы, которые их описывают, используя при этом математические языки, которые тоже являются некоторыми системами. На рисунке 2.23 показано это соответствие.

Классификация абстрактных систем будет приведена ниже.

Класс естественных систем составляют подклассы систем неживой (физические, химические) и живой (биологические) природы.

Класс искусственных систем создается человечеством для своих нужд или образуются в результате целенаправленных усилий человека.

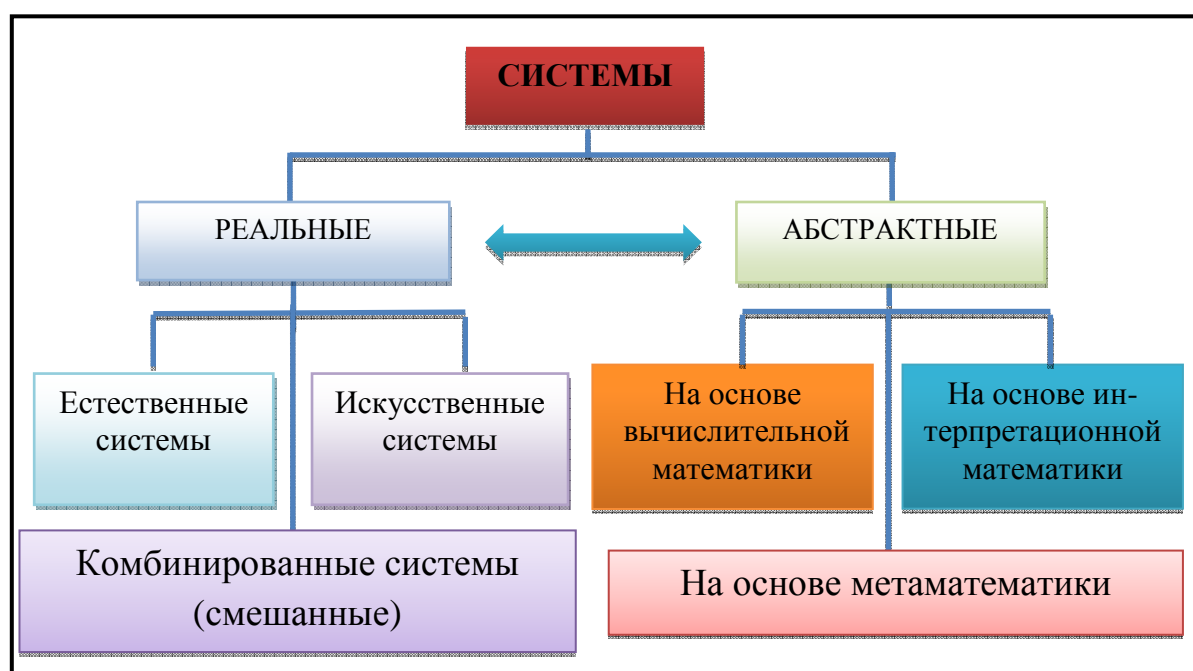


Рисунок 2.23 – Обобщенная схема соответствия класса реальных систем абстрактным системам

В свою очередь искусственные системы образуют подклассы технических (технико-экономических) и социальных (общественных) систем. Технические системы также имеют свою классификацию. Например, этот класс содержит механические, электронные, электромеханические и другие подклассы систем. Большой класс составляют человеко-машинные или эргодические системы, которые образуются путем объединения технических систем с человеком (биологической системой). Примерами человеко-машинных систем могут быть системы «водитель – автомобиль»,

«летчик – самолет», «пользователь – ПК» и т.д. Особенностью таких систем является то, что в их основе находится человек, которого можно самостоятельно рассматривать как биологическую интеллектуальную систему, состоящую из множества биологических подсистем, например, опорно-двигательной, кровеносной, нервной, лимфатической и других.

Большие и сложные системы, использующие технические средства, инструменты, приборы (см. пример, рис. 2.8), и т.д. называют организационно-техническими системами. Детализируем на рисунке 2.23 и покажем на рисунке 2.24 иерархию искусственных, естественных и смешанных систем.

Воспользуемся приведенной выше классификацией (см. табл. 2.2) и определим, к какому классу можно отнести систему образования государства. В дальнейшем будем использовать термин «образовательная система» с аббревиатурой «ОС».

Основными функциями системы образования являются обучение и воспитание. В этом смысле она является уникальной системой и может рассматриваться наряду с другими государственными системами, например, экономической, политической, гуманитарной и другими.

По взаимодействию с внешней средой ОС может быть, как открытой, так и закрытой, в зависимости от уровней ее взаимодействия с другими системами. Очевидно, на государственном уровне ОС взаимодействует с экономической системой государства, поставляя в эти системы соответствующие кадры (инженеров, экономистов, медработников и т.д.).



Рисунок 2.24 – Обобщенная схема реальных естественных, искусственных и смешанных систем

Признаки закрытости ОС можно обнаружить на министерском уровне управления, где предусмотрены специальные отделы, которые называются «сектор спец. информации и спец. сектор». Отсюда можно сделать вывод о том, что ОС можно отнести к классу смешанных систем.

По структуре образовательную систему можно охарактеризовать как большую и сложную, если принимать во внимание значительное количество элементов в ее структуре и многообразие связей и отношений, возникающих в процессе обучения, образования и воспитания, а также учитывать законы Украины об образовании, которые действуют на всей территории государства. Большая сложность ОС обусловлена еще и многоуровневой иерархией ее управления и администрирования [1]. Кроме того, на нижнем уровне иерархии ОС можно выделить и класс простых систем, например, состоящих из двух элементов «студент – учебник». В данном случае имеется одно отношение или связь студента и учебника, который изучает конкретный учебный материал. Отсюда можно сделать вывод, что ОС можно считать большой и сверхсложной системой, которая имеет множество структур различной сложности.

По характеру функционирования ОС можно отнести к классу комбинированных многофункциональных систем. Обоснуем это утверждение.

Данный критерий непосредственно связан с назначением системы (см. критерий «по назначению»). Известно, что ОС имеет три основные функции – обучение, исследование и воспитание. Кроме того, в подсистеме «высшая школа» имеются множество вспомогательных функций, которые выполняются с целью повышения качества обучения, саморазвития и самоорганизации, например, высших учебных заведений. К ним относятся производственные функции, которые реализуются в учебных производственных подразделениях (учебно-производственных мастерских), например, в политехнических вузах, организация производственных практик на предприятиях, книгопечатающее производство и т.д.

По характеру развития ОС можно отнести как к классу развивающихся, так и к классу стабильных. Естественные стремления к развитию присущи практически всем классам подсистем ОС. Это стремление ВУЗов повысить уровень аккредитации, повысить статус ВУЗа – стать национальным, исследовательским и т.д. На уровне отдельных субъектов учебного процесса к развитию стремятся научно-педагогические работники, повышая свою ученую степень и звания, а студенты развивают свои способности в решении типовых задач, заданных образовательными стандартами. Вместе с тем, для такого развития нужна и определенная стабильность, заключающаяся в четком функционировании всех подсистем и элементов ОС. Данную стабильность обеспечивают законы Украины об образовании, устанавливая определенные отношения и связи между элементами и подразделениями ОС. Такой сложный характер развития приводит к тому, что для исследования ОС требуется разработка специальных методов.

По степени организации системы подразделяются на два класса: хорошо организованные и плохо организованные (диффузионные). Организация ОС в настоящее время зависит от законов Украины об образовании и стандартов, регламентирующих образовательные процессы, поэтому к классу плохо организованных систем ОС нельзя отнести. Вместе с тем, к классу хорошо организованных систем существующая ОС не может быть отнесена. Одной из основных причин слабой организации образовательной системы является слабая структуризация законодательного поля (системы), регламентирующего непрерывность образования от дошкольного до последиplomного образования. Кроме того, практика аккредитаций ВУЗов различной формы собственности показывает слабую организацию ОС. По-

этому целесообразно ввести еще один класс по данному критерию, который будем называть системы со слабой организацией.

По сложности поведения данный критерий предполагает выделение 6 классов систем. Учитывая колоссальное влияние на ОС и ее развитие глобальных факторов информатизации и интеллектуализации обучения на основе ИТ-технологий, можно утверждать, что данная система имеет признаки всех шести классов (см. табл. 2.2). В научной литературе по кибернетической педагогике такие ОС называются системы с интегрированным интеллектом [14-16].

По характеру связи между элементами ОС можно отнести как классу детерминированных, так и к классу стохастических систем. Такое утверждение можно пояснить тем, что, во-первых, процессы обучения и образования имеют детерминированную основу в виде законов об образовании, образовательных стандартах, инструкций и т.д., а во-вторых, они носят субъективный характер, что обуславливает случайный характер возникновения межличностных и учебных отношений. Поэтому уверенно можно говорить о том, что ОС относится к классу детерминированно-стохастических систем.

По характеру структуры управления ОС относится к смешанному типу, так как, с одной стороны, существует централизованное управление, высшим звеном которого является МОН Украины, с другой стороны, управление учебными процессами осуществляется на основе создания учебных планов, разрабатываемых непосредственно кафедрами высших учебных заведений.

По характеру функционирования ОС также имеет свои особенности. В таблице 2.2 показано, что системы по этому критерию могут быть непрерывными и дискретными. Однако ОС, выполняющая множество функций, может рассматриваться как дискретная, так и как непрерывно действующая. Здесь непрерывный характер функционирования ОС обеспечивают такие ее подсистемы, как система обеспечения жизнедеятельности, информационная подсистема и другие подсистемы. Вместе с тем, учебный процесс можно характеризовать как дискретный, учитывая при этом следующие временные периоды обучения: учебный год, семестр, время проведения одного занятия.

По динамике функционирования. Данный критерий классификации ОС тесно связан с предыдущим критерием и это дает основание отнести ее к классу динамических систем.

Таким образом, множество специфических особенностей ОС не позволяет ее отнести к какому-либо конкретному классу. Ее можно охарактеризовать как большую и сверхсложную, комбинированную (естественную + искусственную), организационно-техническую динамическую систему, функционирующую на основе интегрированного интеллекта.

2.5 Информационные и интеллектуальные системы

В условиях информационно-коммуникационной революции важную роль в деятельности человечества играют информационные системы (ИС).

Сведем в таблице 2.3 основные классы информационных систем.

Таблица 2.3

Классификация информационных систем

Основание (критерий) классификации	Классы информационных систем (ИС)
1	2
По архитектуре	Локальные Распределенные
По степени автоматизации	Автоматизированные Автоматические
По характеру обработки данных	Информационно-справочные Информационно-поисковые Информационно-управляющие
По использованию моделей знаний (интеллектуальные) <i>В основе создания интеллектуальных систем лежат модели искусственного интеллекта</i>	Принятия решений Экспертные Советующие Самообучающие Естественно-языковые Гипертекстовые Мультиагентные Онтологические
По сфере применения	Экономическая Медицинская Географическая

Центральное место в классификации ИС принадлежит интеллектуальным системам, обобщенная схема которых показана на рисунке 2.26. Здесь показаны основные ее подсистемы: интеллектуальный интерфейс, база данных (БД), база знаний (БЗ) и система управления базой знаний (СУБЗ). Кроме того, показаны основные лица, которые обеспечивают эффективное функционирование интеллектуальных систем.

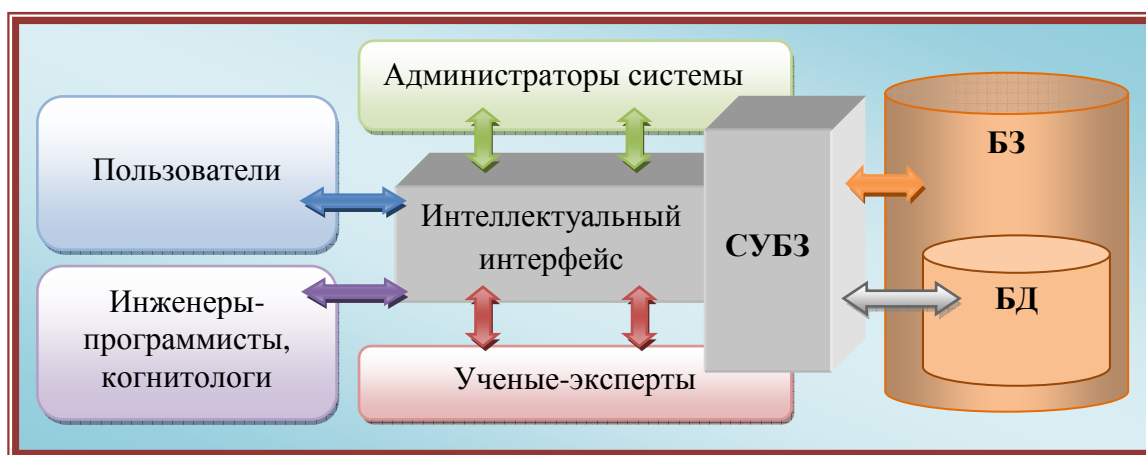


Рисунок 2.25 – Обобщенная схема интеллектуальной информационной системы

Основным отличием интеллектуальных систем от других информационных систем является то, что они содержат базы знаний, в которых размещаются модели знаний. Система управления базой знаний организует реализацию, той или иной модели знаний с соответствующими атрибутивными данными. Кроме того, она формирует прямой или обратный логический вывод. Такие интеллектуальные информационные системы получили еще название информационных систем с искусственным интеллектом. Различают две группы методов представления знаний: декларативные и процедурные. В *декларативных методах* знания после их преобразования из предложений языка исходного представления в немашинный язык в виде соответствующих структур интерпретируются и обрабатываются специальными программными средствами. Эти средства не зависят от конкретных особенностей тех или иных знаний и полностью определяются синтаксисом и семантикой языка представления знаний.

При использовании *процедурных методов* знания также представляются в памяти ПК некоторыми структурами данных, но при этом под эле-

ментами структур понимаются некоторые специализированные процедуры. Фактически процедурный метод представления знаний можно рассматривать как способ программирования, устанавливающий правила разработки ассоциированных процедур при создании базы знаний для интеллектуальной системы.

Различают два типа моделей представления знаний: логические и эвристические. На рисунке 2.26 показана классификация основных моделей представления знаний и теоретические основы, на которых они строятся.

В основе логических моделей представления знаний лежат понятия «формальная система» и «формализованная теория», которые хорошо известны в дискретной математике.

В настоящее время получили широкое распространение геоинформационные системы (ГИС), в которых реализовано множество системных идей, что позволило их применять на практике во многих предметных областях.

Под термином «геоинформационная система» понимают систему сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных (географических) данных и связанную с ними информацию о необходимых объектах.

Продуктивность идеи построения географических систем и их использования для решения широкого круга задач привело к выделению некоторых подклассов ГИС. Они классифицируются по следующим признакам.

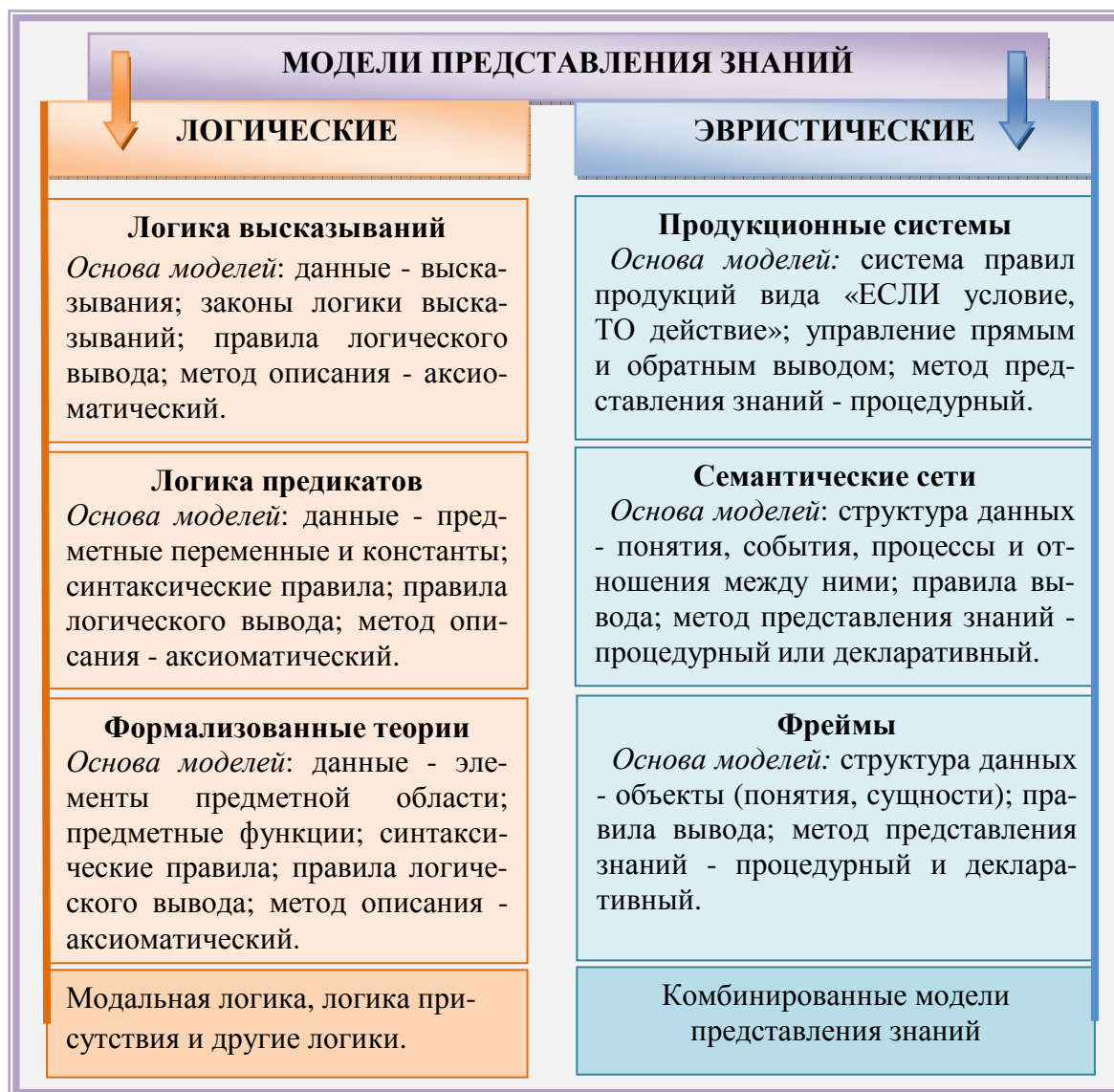


Рисунок 2.26 – Классификация моделей представления знаний

По функциональным возможностям ГИС подразделяются:

- на полнофункциональные общего назначения;
- специализированные ГИС, ориентированные на решение конкретной задачи в какой-либо предметной области;
- информационно-справочные системы для домашнего и информационно-справочного пользования.

Функциональность ГИС определяется также архитектурным принципом их построения:

- закрытые системы не имеют возможностей расширения, они способны выполнять только тот набор функций, который им предписан;

- открытые системы отличаются легкостью приспособления, возможностями расширения, так как могут быть достроены самим пользователем при помощи специального аппарата (встроенных языков программирования).

По пространственному (территориальному) признаку ГИС подразделяются на:

- глобальные (планетарные);
- общенациональные;
- региональные;
- локальные (в том числе муниципальные).

По проблемно-тематической ориентации:

- общегеографические;
- экологические и природопользовательские;
- отраслевые (водных ресурсов, лесопользования, туризма, транспорта и т. д.).

По способу организации географических данных:

- векторные;
- растровые;
- векторно-растровые.

Большие возможности ГИС и послойное представление и визуализацию данных покажем на примере перспективной геоинформационной системы управления высшей школы Украины (см. рис. 2.27).

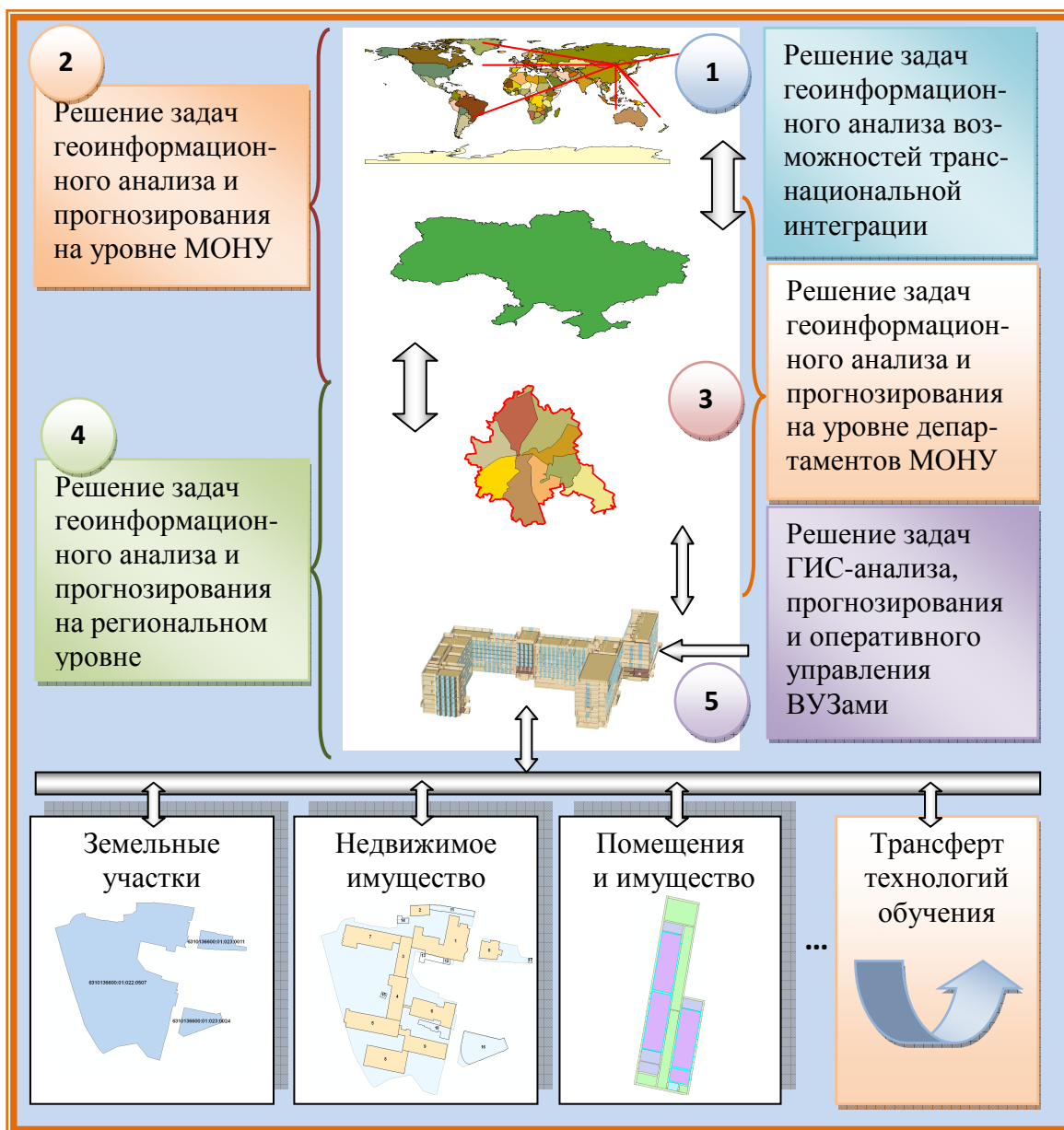


Рисунок 2.27 – Послойное представление данных в перспективной системе управления высшей школой Украины на основе ГИС

Таким образом, в настоящем подразделе приведена классификация информационных систем, а также и наиболее распространенный подкласс интеллектуальных систем. Приведены основные сведения о структуре и моделях представления знаний в этих системах.

На примере создания перспективной системы управления высшей школы Украины показаны возможности структуризации данных и представление их в базе геоданных для решения задач, указанных на рисунке 2.27.

Принципы построения геоинформационных систем детально рассматриваются в специальных курсах «Основы ГИС», «ГИС в транспортных системах», «ГИС анализ», «WEB –ГИС». (МУП)

2.6 Зачем нужна математика при изучении сложных систем?

2.6.1 Математические основы исследования сложных систем

В настоящее время известно множество определений термина «математика». Определение этому термину давал еще в 1637 году Р. Декарт в своей известной работе «Рассуждение о методе» (см. рис. 2.28).

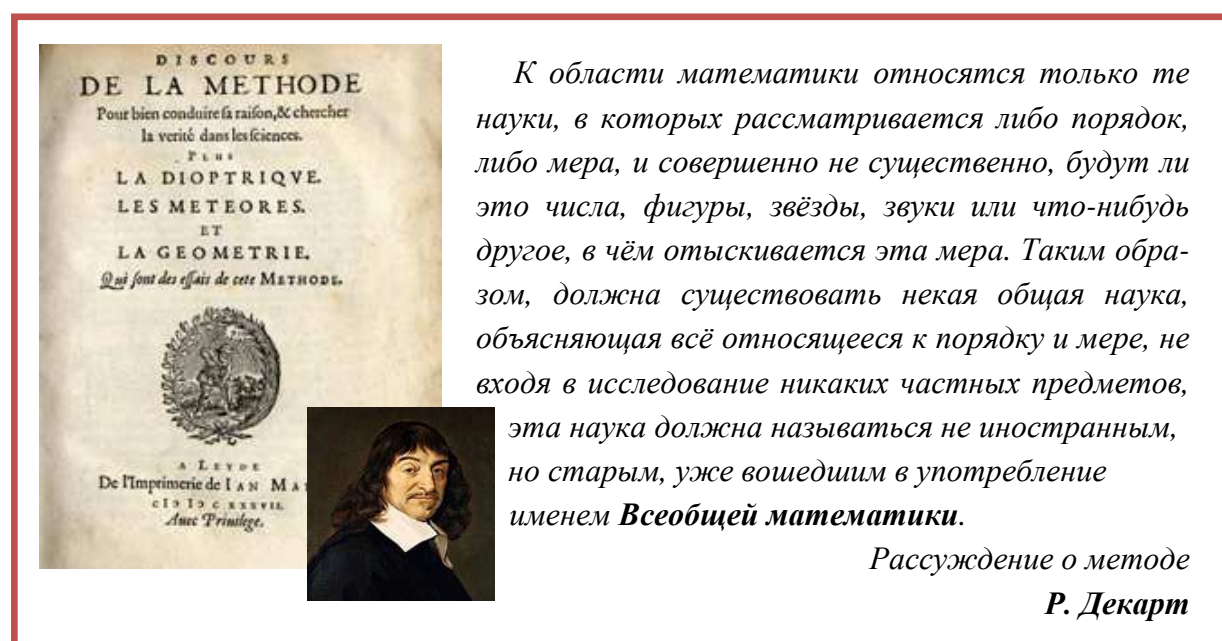


Рисунок 2.28 – Французский философ, математик, механик, физик и физиолог Рене Декарт

Известный немецкий математик и физик-теоретик, Лауреат Международной премии имени Н.И. Лобачевского Герман Клаус Гуго Вейль пишет (см. рис. 2.29).

Крупнейший русский математик XX века А. Н. Колмогоров дал следующее определение термину «математика»:

«Математика ... наука о количественных отношениях и пространственных формах действительного мира».

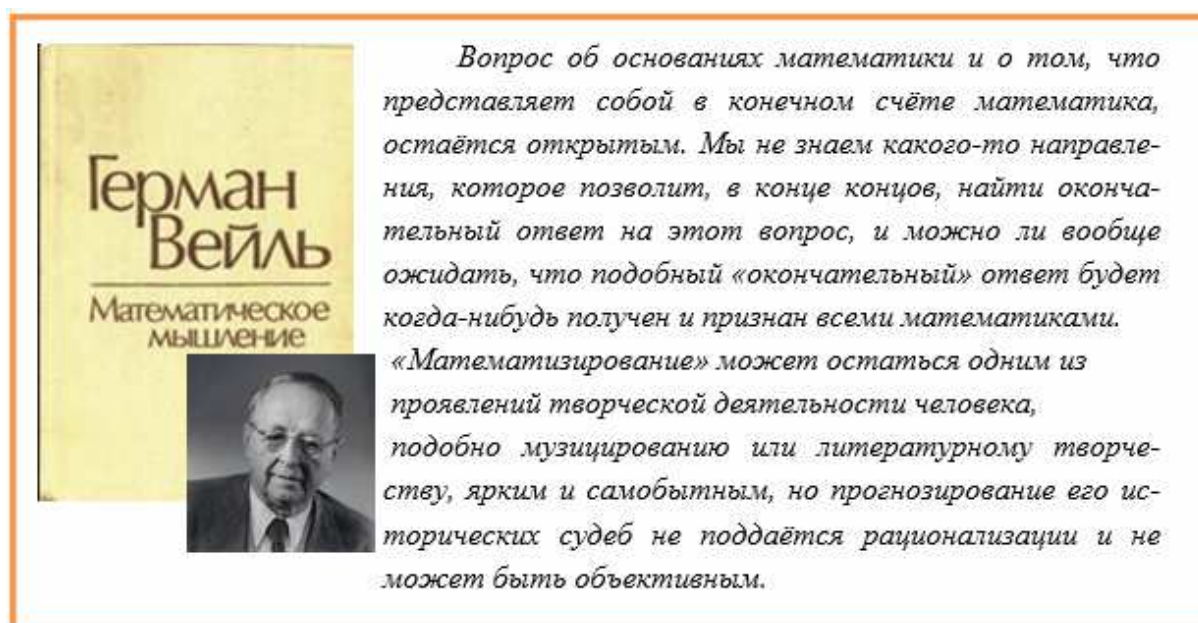


Рисунок 2.29 – Немецкий математик и физик-теоретик
Герман Клаус Гуго Вейль

Николя Бурбаки – псевдоним группы французских ученых, которые задумали и частично написали всеобъемлющий трактат по математике, где первый том посвящен ее истории. Выдающиеся французские математики в первом томе своего трактата попытались определить сущность математики. Состав группы Николя Бурбаки и их высказывание о сущности математики показано на рисунке 2.30.

Приведенные определения, а также тенденции развития математических методов и использования их в современных информационно-коммуникационных системах и технологиях в виде математического обеспечения позволяют их представить обобщенной схемой, изображенной на рисунке 2.31.

Из вышеприведенных определений видно, что ни одно из них не дает четкого ответа на вопрос: «Зачем нужна математика при изучении основ теории систем»? Наиболее близким к определению «сложная система» подходит формулировка Н. Бурбаки, т.к. в нем говорится об отношениях между объектами.

Определение «сложная система» подчеркивает множественность ее элементов, многообразие и разнотипность отношений и связей между ними.



Рисунок 2.30 – Состав математической группы «Николя Бурбаки»

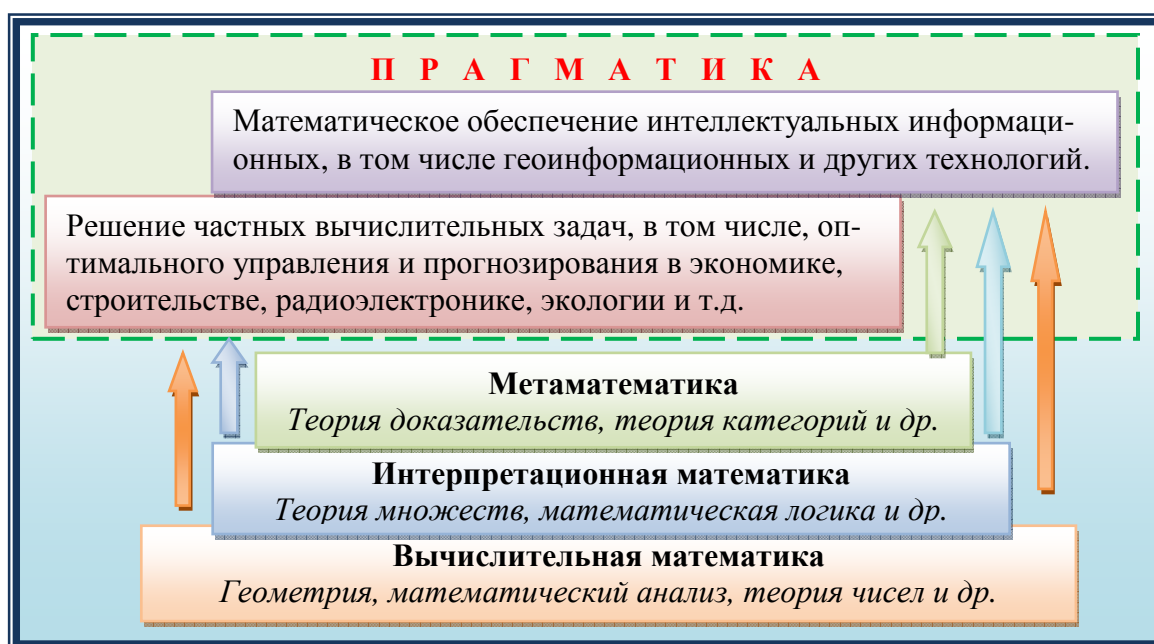


Рисунок 2.31 – Обобщенная структура методической базы современной математики и ее прагматическая значимость

Кроме того, многообразие свойств, как элементов, так отношений между элементами сложной системы предполагает использование различного математического аппарата.

Сложность выбора математического аппарата для описания и исследования сложных систем заключается еще и в том, что не только статические объекты можно представлять сложными системами, но и процессы могут быть представлены сложными системами.

2.6.2 Общие сведения о математических основах исследования сложных физических (механических) систем

Для описания и исследования сложных физических систем, примерами которых могут являться железнодорожные мосты, телевизионные башни, сложные железобетонные конструкции различного назначения, корпус строящегося летательного аппарата, двигатель внутреннего сгорания и т.д., используют хорошо разработанный математический аппарат – теоретическую механику, в основе которой лежат законы И. Ньютона. Она преподается в обязательном порядке в технических ВУЗах. В теоретической механике выделяют три раздела – статику, кинематику и динамику. Громоздкость примеров динамики не позволяет их привести в данном подразделе. Ниже будет только приведен основной закон динамики.

Теоретическая механика – наука об общих **законах** механического движения и **взаимодействия** материальных тел. По сути – это один из разделов физики.

Основу теоретической механики составляют методы:

- векторного исчисления и дифференциальной геометрии;
- математического анализа;
- дифференциальных уравнений;
- вариационного исчисления;
- и др.

Статика – это раздел теоретической механики, в котором изучаются методы преобразования систем сил в эквивалентные системы и устанавливаются условия равновесия сил, приложенных к твердому телу.

В основе данного раздела теоретической механики лежат следующие аксиомы И. Ньютона или, как их еще называют, аксиомы статики.

Аксиомы статики

Аксиома 1. (*Аксиома инерции, или первый закон И. Ньютона*). Две силы, приложенные к абсолютно твердому телу, будут уравновешены (эквивалентны нулю) тогда и только тогда, когда они равны по модулю, действуют по одной прямой и направлены в противоположные стороны.

Графическая интерпретация данной аксиомы иллюстрируется рисунком 2.32.

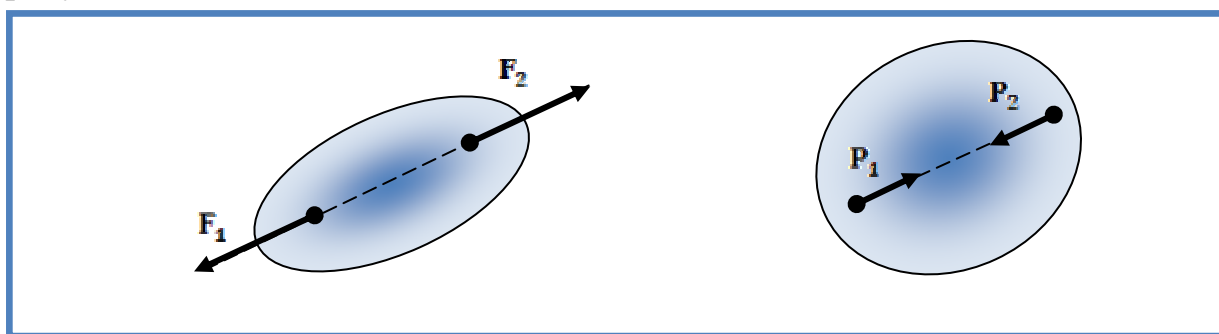


Рисунок 2.32 – Графическая интерпретация Аксиомы 1

Аксиома 2. Не нарушая состояния абсолютно твердого тела, к нему можно прикладывать или отбрасывать силы тогда и только тогда, когда они составляют уравновешенную систему, в частности, если эта система состоит из двух сил, равных по модулю, действующих по одной прямой и направленных в противоположные стороны.

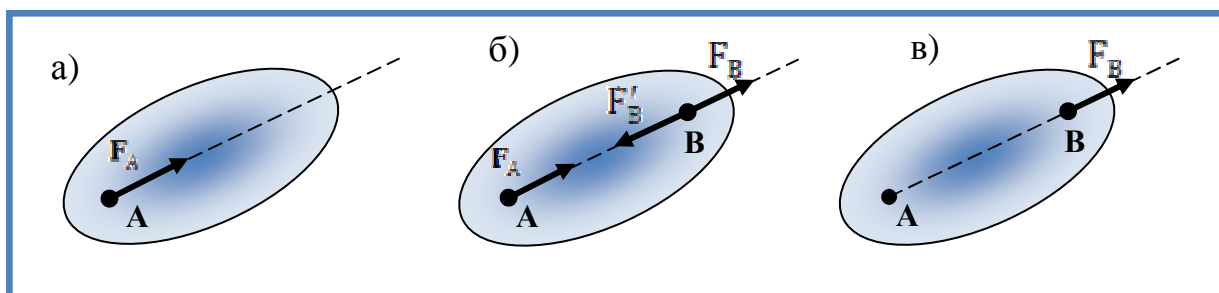


Рисунок 2.33 – Графическая интерпретация Аксиомы 2

Следствие 1. Равновесие твердого тела не нарушается, если любую из сил, приложенных к телу, перенести вдоль ее линии действия.

Пусть сила \mathbf{F}_A приложена к точке A (см. рис. 2.34 а)). Приложим в произвольной точке B на линии действия силы \mathbf{F}_A две прямо противоположные силы \mathbf{F}_B и \mathbf{F}'_B полагая, что $\mathbf{F}_B = \mathbf{F}_A$ и $\mathbf{F}'_B = -\mathbf{F}_A$ (см. рис. 2.34 б)). В соответствии с аксиомой 2 равновесие тела не нарушится. Так как силы \mathbf{F}_A и \mathbf{F}'_B прямо противоположны, то согласно этой же аксиоме эти силы можно отбросить (см. рис. 2.34 в)). Вместо силы \mathbf{F}_A , приложенной к точке A , осталась равная ей сила \mathbf{F}_B , приложен-

Аксиома 3. Не меняя состояния тела, две силы, приложенные к одной его точке, можно заменить одной равнодействующей силой, приложенной в той же точке и равной их геометрической сумме (аксиома параллелограмма сил (см. рис. 2.34)).

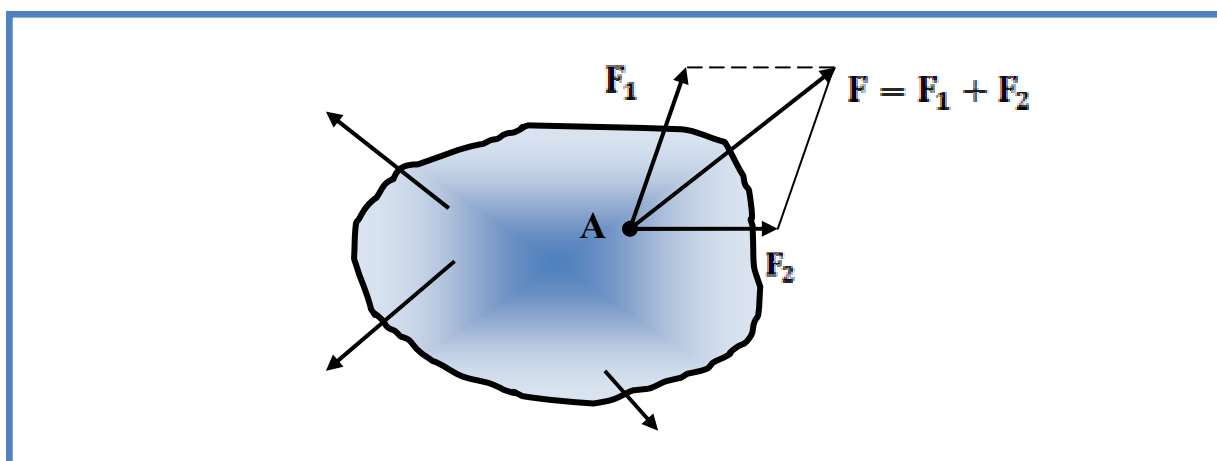


Рисунок 2.34 – Графическая интерпретация Аксиомы 3

Разъясним действие аксиомы 3 следствиями 2 и 3.

Следствие 2

Согласно следствию 1, не нарушая равновесие тела, переносим силы $\mathbf{F}_1, \mathbf{F}_2, \dots, \mathbf{F}_n$ вдоль их линий действия в точку схода A (см. рис. 2.36,б)), а затем в соответствии с аксиомой 3 заменим по правилу параллелограмма силы \mathbf{F}_1 и \mathbf{F}_2 одной силой \mathbf{F}' . Рассматриваемое тело находится в равновесии под действием приложенных в точке A сил $\mathbf{F}', \mathbf{F}_3, \mathbf{F}_4, \dots, \mathbf{F}_n$, то есть под действием $(n - 1)$ сил (см. рис. 2.36,б)). Снова применяем правило параллелограмма к двум силам \mathbf{F}' и \mathbf{F}_3 заменяя их силой \mathbf{F}'' . Тело будет находиться в равновесии под действием $(n - 2)$ сил $\mathbf{F}'', \mathbf{F}_4, \dots, \mathbf{F}_n$. Продолжая этот процесс до полного исчерпания сил системы,

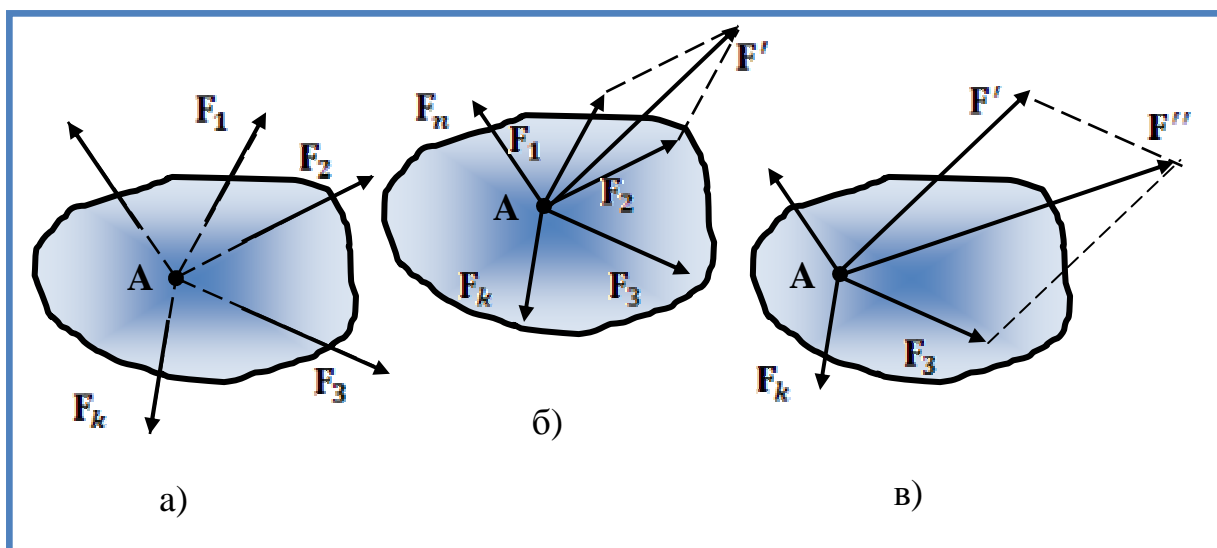


Рисунок 2.35 – Графическая интерпретация Следствия 2

Следствие 3. Равновесие твердого тела не нарушится, если действующую на него систему сходящихся сил заменить одной силой, которая приложена в точке схода и равна главному вектору этой системы сил.

Аксиома 4. (*третий закон Ньютона*). Источником каждой силы является материальное тело, причем два тела действуют друг на друга с прямо противоположными силами.

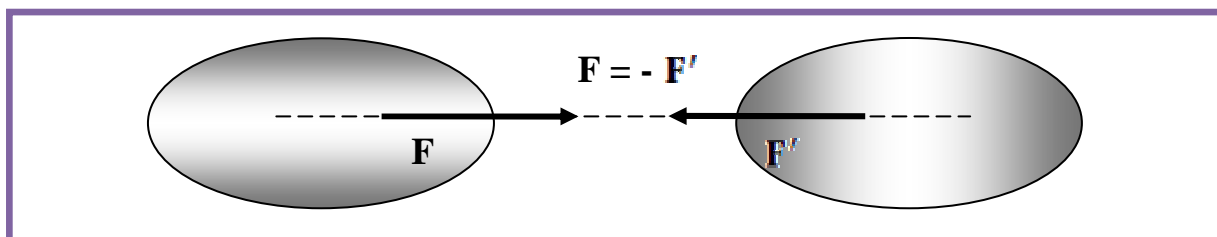


Рисунок 2.36 – Графическая интерпретация Аксиомы 4

Аксиома 5. (Принцип отвердевания). Состояние равновесия, изменяемого (деформируемого) тела, находящегося под действием данной системы сил, не нарушится, если тело считать отвердевшим (абсолютно твердым).

Кинематика – это раздел теоретической механики, в котором изучается движение материальных тел в пространстве с геометрической точки зрения независимо от действующих на них сил.

Для определения положения движущегося тела (или точки) с тем телом, по отношению к которому изучается движение данного тела, жестко, связывают какую-нибудь систему координат, которая вместе с телом образует *систему отсчета*.

Основная задача кинематики состоит в том, чтобы, зная закон движения данного тела (точки), определить все кинематические величины, характеризующие его движение (скорость и ускорение).

Способы задания движения точки

На рисунках 2.37 – 2.39 иллюстрируются три способа задания движения точки в пространстве. Для задания движения точки должно быть известно:

- траектория движения точки;
- начало и направление отсчета;
- закон движения точки по заданной траектории в форме $S = f(t)$.

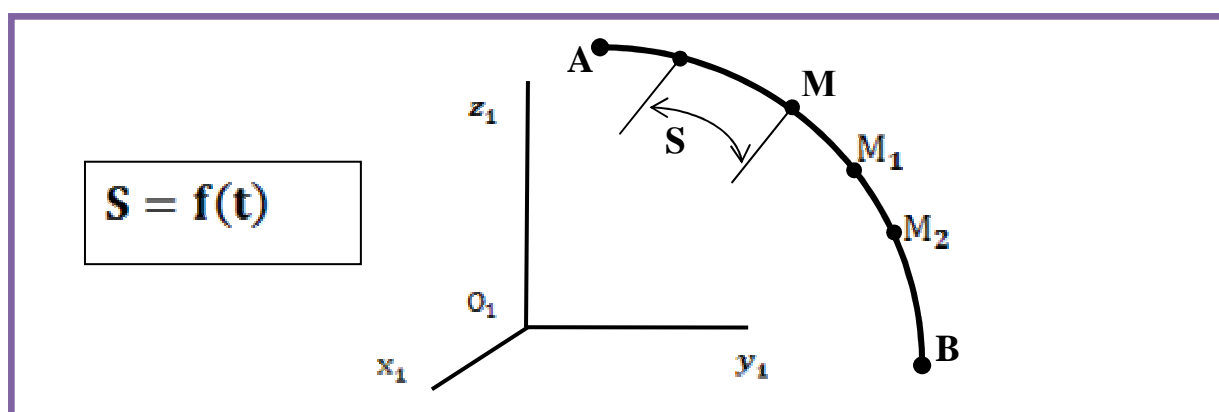


Рисунок 2.37 – Естественный способ задания движения точки в пространстве

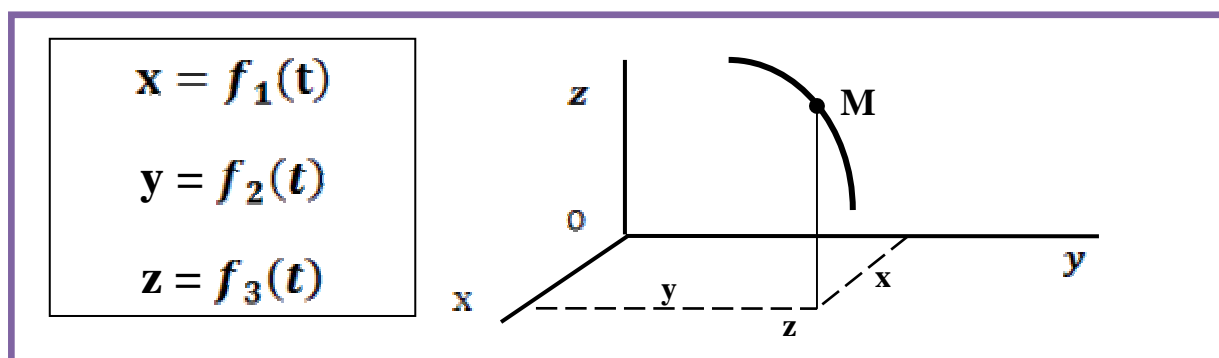


Рисунок 2.38 – Координатный способ задания движущейся точки в пространстве

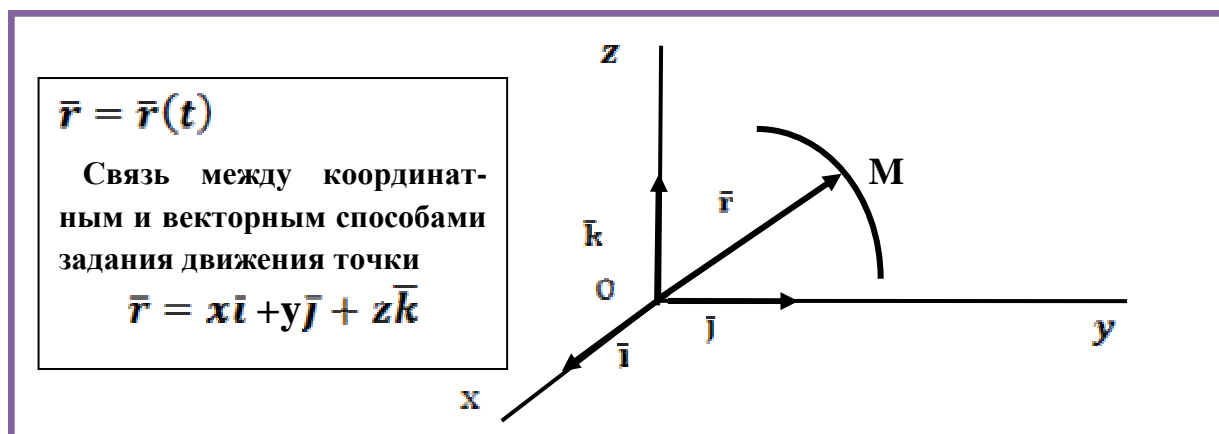


Рисунок 2.39 – Векторный способ задания движения точки в пространстве

Динамика – это раздел механики, в котором изучается движение материальных тел в пространстве в зависимости от действующих на них сил.

Материальную точку, на которую не наложено никаких связей, называют свободной.

Несвободная материальная точка благодаря наложенным на нее связям движется по заданной неподвижной поверхности или кривой; всякую несвободную материальную точку будем рассматривать как свободную, отбросив связь и заменив ее реакцией.

Законы динамики материальной точки (Законы И. Ньютона)

Закон инерции: изолированная от внешних воздействий материальная точка сохраняет свое состояние покоя или равномерное прямолинейное движение до тех пор, пока приложенные не заставят ее изменить это состояние.

Основной закон динамики: произведение массы материальной точки на ускорение, которое она получает под действием силы, равно по модулю этой силе, а направление ускорения совпадает с этой силой.

Таким образом, на примере использования векторной алгебры, наглядно показана связь между двумя телами. Согласно законам И. Ньютона связь между телами выражается через силу. В соответствии с Международной системой единиц (СИ) она измеряется в ньютонах (Н), $1\text{Н} = 1\text{ кг}\cdot\text{м}/\text{с}^2$.

2.6.3 Общие сведения о математических основах исследования сложных энергетических систем

Покажем в обобщенном виде одну из ветвей энергетической системы, а именно электроэнергетическую систему государства (см. рис. 2.40), которая состоит из атомных электростанций (АЭС), гидроэлектростанций (ГЭС), электростанций на солнечных батареях, ветрогенераторов и других электрогенерирующих устройств.

11

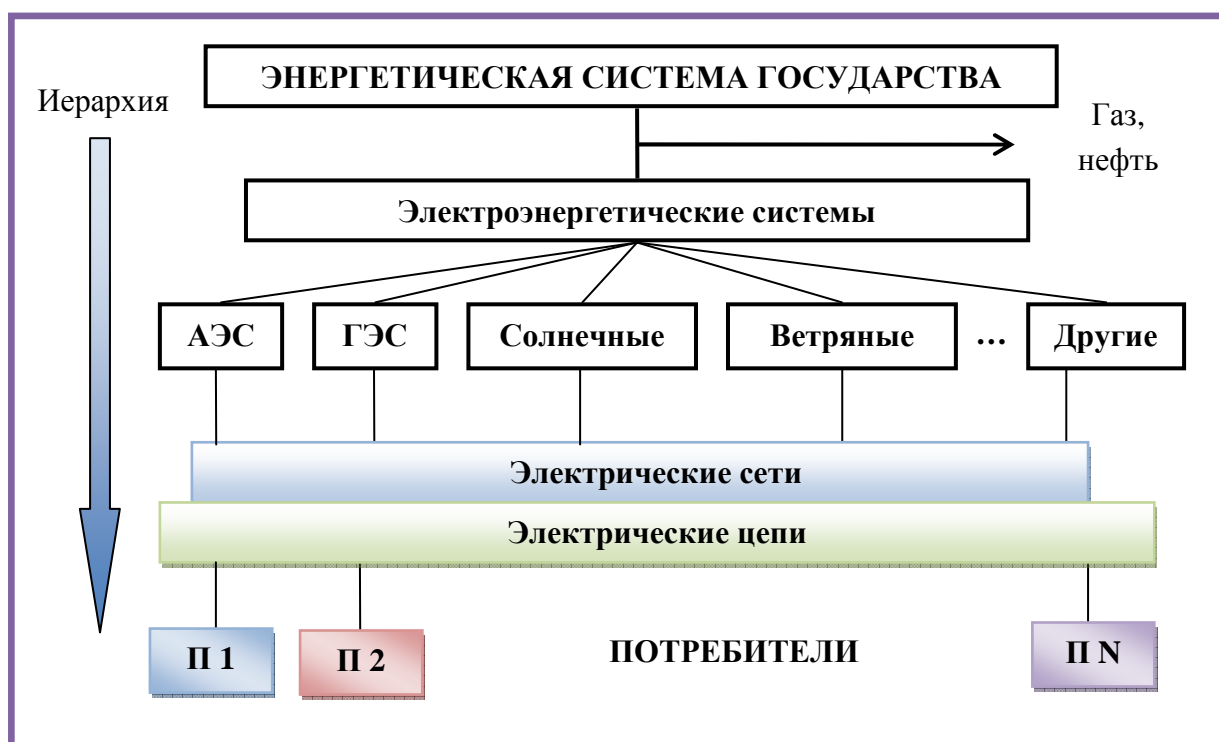


Рисунок 2.40 – Обобщенная схема сложной энергетической системы

Теоретическими основами исследования элементов (подсистем) и связей данной системы являются методы электростатики, магнитостатики, электродинамики, а также методы теоретических основ электротехники (ТОЭ).

В основе функционирования данной сложной системы лежат различные явления, что обуславливает множество типов связей между элементами и подсистемами электроэнергетической системы. Открыл и исследовал эти явления выдающийся физик экспериментатор М. Фарадей. Именно он открыл явления электромагнитной индукции и самоиндукции и является

изобретателем электрического двигателя и генератора. Рассматривая электродвигатель и электрогенератор как сложную систему, можно утверждать, что связи между их роторами и статорами осуществляется за счет взаимодействия магнитных и электрических полей, состоящих из элементарных заряженных частиц. Сила взаимодействия двух точечных зарядов подчинена закону III. Кулона.

Закон Кулона. Сила взаимодействия двух точечных зарядов в вакууме направлена вдоль прямой, соединяющей эти заряды, пропорциональна их величинам и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними. Она является силой притяжения, если знаки зарядов разные, и силой отталкивания, если эти знаки одинаковы.

В векторном виде в формулировке III. Кулона закон записывается следующим образом:

$$\overline{F_{1,2}} = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r_{1,2}^2} \cdot \frac{\overline{r_{1,2}}}{r_{1,2}},$$

где $\overline{F_{1,2}}$ – сила, с которой заряд 1 действует на заряд 2; q_1, q_2 – величина зарядов; $\overline{r_{1,2}^2}$ – радиус-вектор (вектор, направленный от заряда 1 к заряду 2, и равный, по модулю, расстоянию между зарядами – $r_{1,2}$); k – коэффициент пропорциональности.

В процессе описания и исследования характеристик электромагнитных полей, как правило, используют методы математического анализа, в частности интегрирование по контуру, двойные и тройные интегралы.

В электроэнергетических системах важную роль играет подсистема распределения электричества между потребителями. Обычно такие подсистемы называют электрическими сетями, под которыми понимают совокупность подстанций, распределительных устройств, линий электропередач, предназначенных для передачи и распределения электрической энергии.

Понятие «электрическая цепь» тесно связано с понятием «электрическая сеть», но, как правило, оно используется на самом нижнем уровне иерархии энергетической системы (см. рис. 2.40) и представляет собой совокупность устройств, элементов, предназначенных для протекания электрического тока, электромагнитные процессы в которых описываются с помощью понятий «сила тока» и «напряжение». Синонимом термину «электрическая цепь» является термин «электрическая схема».

С точки зрения основ теории систем элементами электрической цепи являются сопротивления, конденсаторы, индуктивные катушки, приборы и т.д. Они имеют конкретные количественные характеристики и могут вычисляться на основе известных законов и правил, в частности **закона Ома, правил Кирхгофа, закона Джоуля – Ленца** и др.

Напомним основные определения перечисленных законов и запишем их в виде математических формул и мнемонических диаграмм (см. рис. 2.41).

Закон Ома

Эмпирический физический закон, определяющий связь электродвижущей силы источника или электрического напряжения U с силой тока I и сопротивлением проводника R (для участка цепи):

$$I = \frac{U}{R}.$$

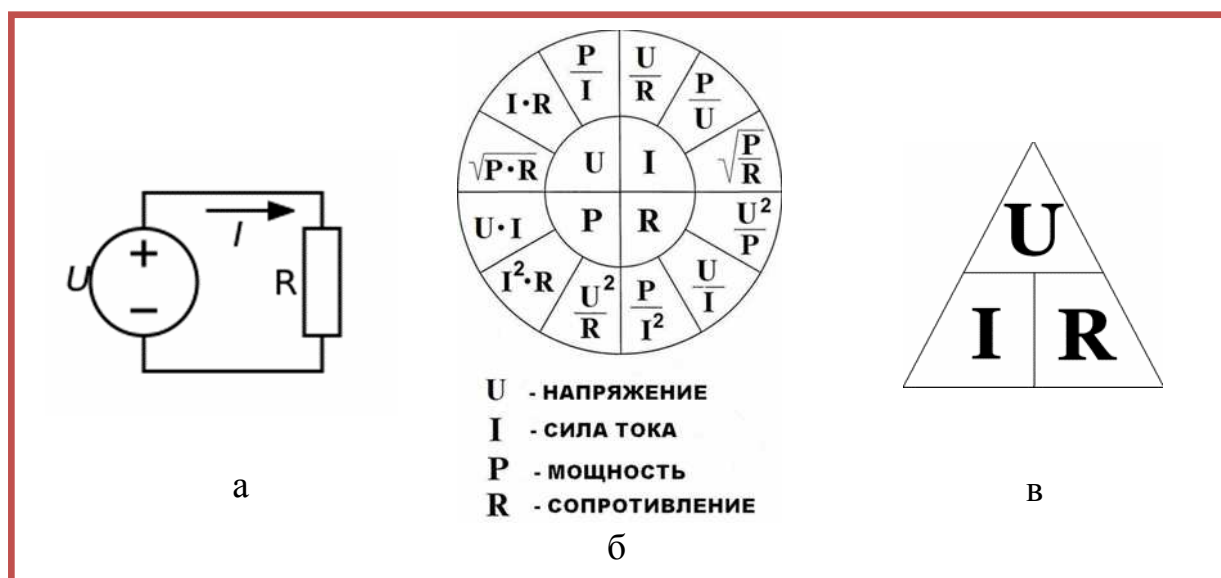


Рисунок 2.41 – Мнемонические диаграммы, иллюстрирующие формальные отношения в электрических сетях

На рисунках 2.41,а изображена схема, иллюстрирующая три составляющие закона Ома, рисунок 2.41,в иллюстрирует мнемоническую диаграмму вычисления силы тока, напряжения и сопротивления в электрической цепи. Диаграмма, представленная на рисунке 2.41,б дает возможность расчета основных параметров в электрических сетях и линиях передачи электроэнергии (ЛЭП) с учетом потерь мощности за счет перехода энергии тока в тепловую энергию.

Правила Кирхгофа

Первое правило Кирхгофа гласит, что алгебраическая сумма токов в каждом узле любой цепи равна нулю. При этом направленный к узлу ток принято считать положительным, а направленный от узла – отрицательным: алгебраическая сумма токов, направленных к узлу равна сумме направленных от узла.

$$\sum_{j=1}^n I_j = 0.$$

Другими словами, сколько тока втекает в узел, столько из него и вытекает. Это правило следует из фундаментального закона сохранения заряда.

Второе правило Кирхгофа (правило напряжений Кирхгофа) гласит, что алгебраическая сумма падений напряжений на всех ветвях, принадлежащих любому замкнутому контуру цепи, равна алгебраической сумме ЭДС ветвей этого контура. Если в контуре нет источников ЭДС (идеализированных генераторов напряжения), то суммарное падение напряжений равно нулю:

- для постоянных напряжений: $\sum_{k=1}^n E_k = \sum_{k=1}^m U_k = \sum_{k=1}^m R_k I_k$;

- для переменных напряжений:

$$\sum_{k=1}^n e_k = \sum_{k=1}^m u_k = \sum_{k=1}^m R_k i_k + \sum_{k=1}^m u_{Lk} + \sum_{k=1}^m u_{Ck}.$$

Закон Джоуля - Ленца

Мощность тепла, выделяемого в единице объёма среды при протекании электрического тока, пропорциональна произведению плотности электрического тока на величину напряжённости электрического поля.

В формальном виде закон записывается в следующей форме:

$$w = \vec{j} \cdot \vec{E} = \sigma E^2,$$

где w – мощность выделения тепла в единице объёма, \vec{j} – плотность электрического тока, \vec{E} – напряжённость электрического поля, σ – проводимость среды, а точкой обозначено скалярное произведение.

При вычислении характеристик электрических сетей и цепей, а также при исследовании вольтамперных характеристик их элементов используются методы элементарной алгебры и математического анализа, в частности, дифференциальное и интегральное исчисление.

2.6.4 Общие сведения о математических основах исследования кибернетических систем

Приведем определение термину «кибернетическая система», сформулированное академиком В. М. Глушковым в Большой советской энциклопедии.

Кибернетическая система — множество взаимосвязанных объектов, называемых элементами системы, способных воспринимать, запоминать и перерабатывать информацию, а также обмениваться информацией. Кибернетика рассматривает системы независимо от природы входящих в них элементов, поэтому применяется также термин «абстрактная кибернетическая система».

Понятие «кибернетическая система» может быть применимо к сложным экономическим, общественно-политическим, биологическим, техническим и другим системам. Изначально классическим представлением кибернетической системы были автоматизированные системы управления (АСУ), которые позволяли управлять объектами и процессами различной природы. В результате влияния научно-технического прогресса АСУ эволюционировали в информационно-управляющие системы. Поэтому, сузим класс кибернетических до класса информационных систем. Тогда будет справедлива обобщенная схема, изображенная на рисунке 2.42.

Сложность и многообразие, решаемых задач кибернетическими системами, в частности ее информационными подсистемами, обусловили развитие теоретико-методологических и логико-математических основ создания и исследования таких систем. Здесь используются все методы, как интерпретационной математики (математической логики), так и методы вычислительной математики при решении задач оптимизации, планирования и прогнозирования. Кроме того, при создании и исследовании интеллектуальных систем используются полуэвристические модели представления знаний в базах знаний. В качестве примера можно привести создание баз данных и баз геоданных, где при их построении используется реляционная алгебра и алгебра логики в целом, а при построении баз знаний используются полуэвристические модели в виде продукционных правил, в основе которых лежат исчисления высказываний и предикатов. Основы построения классических баз данных и баз геоданных изучаются на старших курсах и здесь рассматриваться не будут.

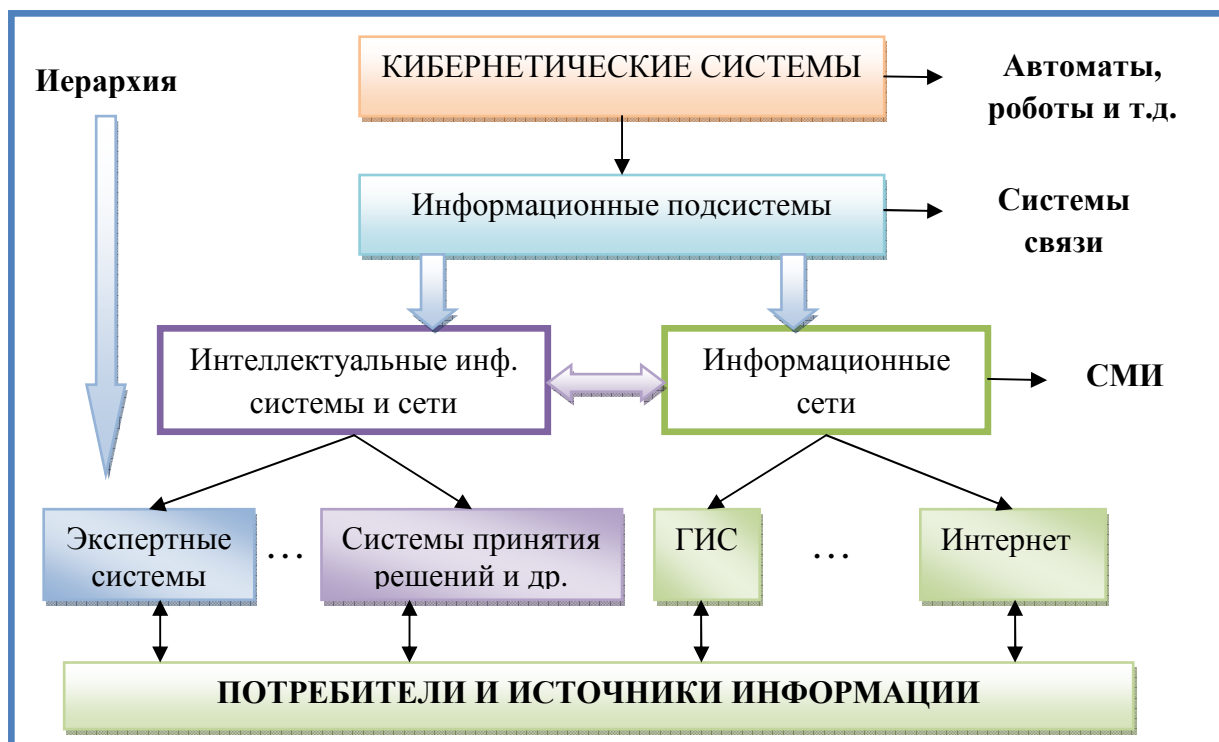


Рисунок 2.42 – Обобщенная схема информационной подсистемы кибернетической системы

Таким образом, подводя итоги данного подраздела (п.п. 2.6), отметим следующее.

Под математическими основами понимаются методы той или иной математики (вычислительной, интерпретационной или метаматематики). Ограниченность объема данного пособия не позволяет расширить список сложных систем исходя из их классификации (см. п.п. 2.4, 2.5) и поставить им в соответствие тот или иной математический аппарат, который используется в целях их исследования.

Широкий круг задач, решаемых кибернетическими системами в различных областях человеческой деятельности, в частности социальной, политической, военной и других обусловил их описание и представление с использованием формальных языков и представлений. Поэтому в следующем подразделе настоящего пособия будут рассмотрены основы теоретико-множественного языка, основные положения алгебры отношений, а также основные понятия формальных представлений топологической алгебры, в частности, теории категорий и функторов, используемых при математическом моделировании глобальных систем.

2.7 Формальные языки представления и исследования сложных организационно-технических и социальных систем

В предыдущем подразделе показано, что материальным (реальным) системам ставятся в соответствие абстрактные системы, которые представляют собой формальные языки и математические модели описания и исследования сложных систем, их подсистем и элементов.

2.7.1 Теоретико-множественный язык описания и исследования социальных и социально-технических систем

Теоретико-множественный язык является основой не только дискретной математики, но и математики в целом. Основными разделами дискретной математики являются теория множеств и математическая логика. На рисунке 2.43 схематично показаны основы дискретной математики.

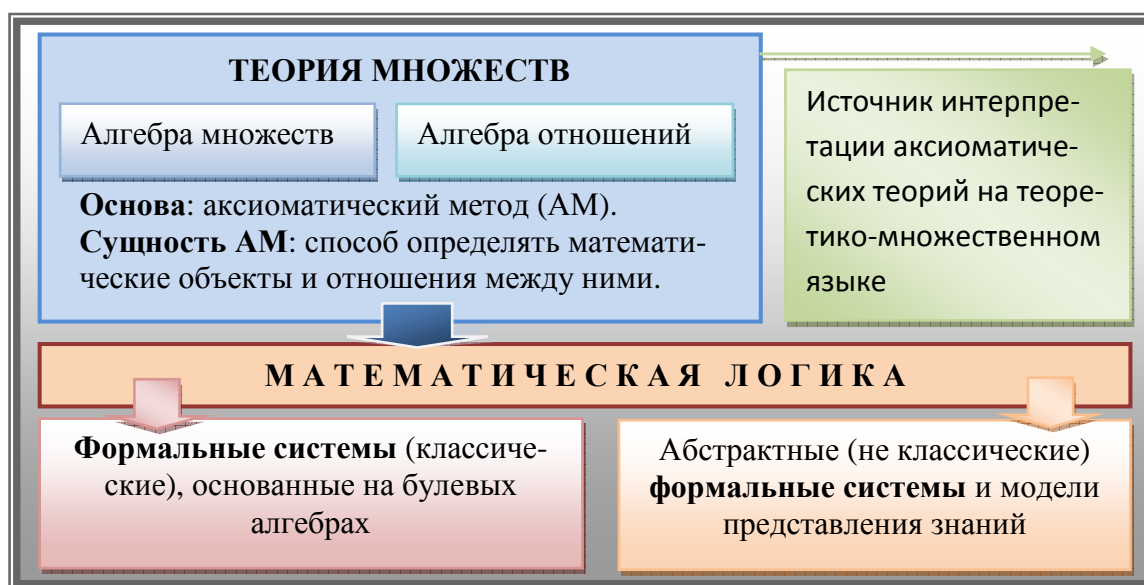
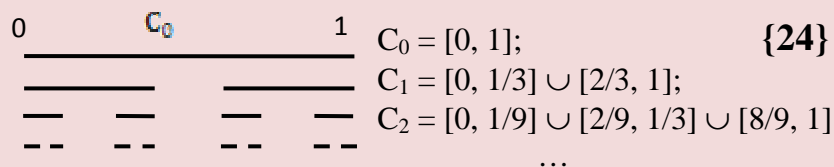


Рисунок 2.43 – Основы дискретной математики

Основателем теории множеств является немецкий математик Георг Кантор {24}. Понятие «множество» он определял так: «Под множеством понимают объединение в одно общее объектов, хорошо различимых нашей интуицией или нашей мыслью».



Во фрактальной геометрии называют «Пыль Кантора»

Георг Кантор, 1845 – 1918 г.г. – немецкий математик. Он наиболее известен как создатель теории множеств, ставшей краеугольным камнем в математике. Кантор ввел понятие взаимно-однозначного соответствия между элементами множеств, дал определения бесконечного и вполне-упорядоченного множеств и доказал, что действительных чисел «больше», чем натуральных. Теорема Кантора, фактически, утверждает существование «бесконечности бесконечностей».

Множества, как правило, обозначаются заглавными буквами, а их элементы прописными, например, запись $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ обозначает, что множество A состоит из n элементов. Например, A – множество обучающихся в учебной группе, a_i – обучающиеся учебной группы в количестве n человек. Более коротко эту же запись можно представить в виде $A = \{a_i\}, i = \overline{1, n}$. Принадлежность некоторого элемента множеству обозначается символом \in . В случае если элемент не принадлежит некоторому множеству, используют символ \notin или $\bar{\in}$. Например, обучающийся, значащийся под № 2 (a_2) в журнале учебной группы A является отличником. Формально такую ситуацию можно записать $\{a_2\} = A$. По аналогии, обучающийся (a_{n+1}) отсутствует в списке журнала учебной группы A . Тогда справедлива запись $(a_{n+1}) \notin A$.

Два множества A и B равны (тождественны) тогда и только тогда, когда каждый элемент A является элементом B и обратно. В этом случае справедлива запись $A = B$.

Множество может содержать любое число элементов, в том числе один элемент – единичное (одноэлементное) множество, и вовсе не содержать элементов (пустое множество), которое обозначается символом \emptyset . Понятие пустого множества в теории множеств аналогично понятию нуля в элементарной арифметике. Это понятие используется для определения заведомо несуществующей совокупности элементов.

Множества могут быть конечными (т.е. состоящими из конечного числа элементов) и бесконечными. Число элементов в конечном множестве, например A , называют кардинальным числом и обозначают $\text{Card } A$. Эквивалентным понятием является понятие «мощность множества», которое обозначается $|A|$. В случае с множеством обучающихся в учебной группе A , справедливы записи $n = \text{Card } A$ или $n = |A|$, где n – количество обучающихся в учебной группе учащихся.

Важным понятием теории множеств является подмножество. Множество A , все элементы которого принадлежат и множеству B , называется подмножеством (частью) множества B . Такое отношение между элементами множеств называют строгим включением и обозначают символом \subset или \supset , т.е. $A \subset B$ (элементы A включены в B) или $B \supset A$ (B включает A). Отношение строгого включения $A \subset B$ допускает и тождественность ($A = B$), т.е. любое из двух множеств можно рассматривать как подмножество самого себя ($A \subset A$). Считают, что подмножеством любого множества является пустое множество \emptyset , т.е. $\emptyset \subset A$.

Наряду с записью $A \subset B$ в литературе встречается запись $A \subseteq B$, что обозначает нестрогое включение элементов подмножества A в множество B . В этом случае равенство между A и B не допускается. Иллюстрацией отношения включения может служить ситуация, когда конкретный обучающийся, например, a_{n+1} переходит из одной учебной группы (составляющих множество B) в другую (составляющую множество A) и его фамилию исключают из одного списка учебного журнала и помещают в другой. Тогда справедлива запись $\{a_{n+1}\} \subset A$, $\{a_{n+1}\} \not\subset A$, где знак $\not\subset$ соответствует отношению исключения.

Отметим различия между отношением принадлежности и отношением включения. Уже отмечалось, множество A может быть своим подмножеством ($A \subset A$), но оно не может входить в состав своих элементов ($A \notin A$). Даже в случае одноэлементного подмножества различают множество $A = \{a\}$ и его единственный элемент « a ». Отношение включения обладает свойством транзитивности: если $A \subset B$ и $B \subset C$, то $A \subset C$. Отношение принадлежности этим свойством не обладает.

Большое значение при формализации предметной области на теоретико-множественном языке играет способ задания множеств. Существует несколько способов задания множеств. Самый элементарный способ задания множества заключается в простом перечислении его элементов, как это было показано выше. Другой способ задания множества состоит в описании его элементов с указанием их общих свойств. В данном случае при формализации используют следующие записи $X = \{x|P(x)\}$ или $X = \{x:P(x)\}$, где $P(x)$ в теории множеств называется формой, которая указывает на свойства элементов x .

Фундаментальным в теории множеств является понятие основного множества (универсума), которое обозначается буквой U . Оно служит для того, чтобы ограничить совокупность допустимых объектов в процессе формализации предметной области. Например, в исследуемой предметной области из множества взрослого населения (U) можно выделить множество людей, занятых в сфере образования, из множества учебной литературы (U) можно выделить множество методической литературы, используемой для подготовки специалистов в технических вузах и т.д. Другими словами, универсумом определяются рамки задания соответствующих множеств.

Операции над множествами

Часто в процессе формализации используют способ задания множества посредством операций над другими множествами. Для иллюстрации операций над множествами будем использовать графические образы в виде кругов Эйлера.

Объединение (сумма) $A \cup B = C$, есть множество всех элементов, принадлежащих A или B (см. рис. 2.45). Например, для выполнения научно-исследовательской работы из учебных групп, составляющих множества обучаемых A и B были отобраны отличники $\{a_1, a_2, a_3\}$ и $\{b_1, b_2, b_3\}$

соответственно, которые составили научно-исследовательскую группу C . Формальная запись такой ситуации будет иметь следующий вид

$$\underbrace{\{a_1, a_2, a_3\}}_A \cup \underbrace{\{b_2, b_3, b_4\}}_B = \underbrace{\{a_1, a_2, a_3, b_2, b_3, b_4\}}_C.$$

Видно, что любой обучающийся составляющий группу C принадлежит хотя бы одной из учебных групп A или B .

Пересечение (произведение) $A \cap B = C$ есть множество всех элементов, принадлежащих одновременно как множеству A , так и B (см. рис. 2.44). Например, кафедра имеет две предметно-методические комиссии, которые составляют соответствующие множества $A = \{a_1, a_2, a_3\}$ и $B = \{b_1, b_2, b_3, b_4\}$ научно-педагогических работников. В первой предметно-методической комиссии, имеется высококвалифицированный преподаватель a_3 , а во второй b_1 , которые могут с высоким качеством проводить занятия по всем учебным дисциплинам кафедры, не зависимо от того к какой предметно-методической комиссии они принадлежат.

Формально такую ситуацию запишем в следующем виде:

$$\underbrace{\{a_1, a_2, a_3\}}_A \cap \underbrace{\{b_1, b_2, b_3, b_4\}}_B = \underbrace{\{a_3, b_1\}}_C.$$

Показательным примером операции пересечения в педагогической практике является дублирование учебного материала по различным дисциплинам, т.е. один и тот же материал по сущности (может быть разный по форме изложения) составляет учебные вопросы разных дисциплин, что приводит к необоснованным затратам учебного времени.

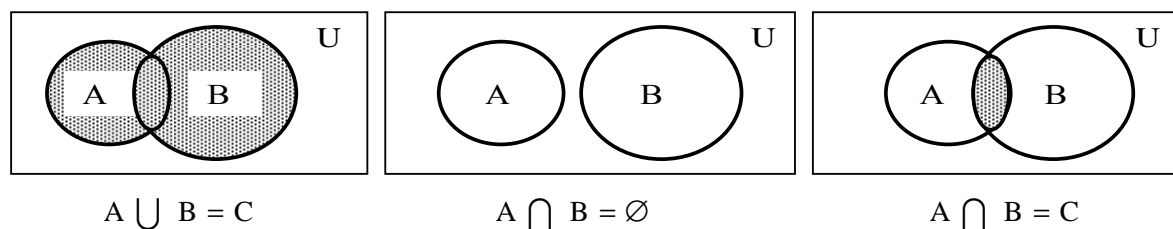


Рисунок 2.44 – Графическая интерпретация кругами Эйлера операций объединения, непересечения и пересечения множеств

Операции объединения и пересечения множеств обладают свойствами коммутативности и ассоциативности и, следовательно, их можно выполнять последовательно для нескольких множеств, причем порядок следования множеств не влияет на результат. В таком случае справедлива обобщающая запись операций объединения и пересечения множеств. Например:

$$A_1 \cup A_2 \cup \dots \cup A_n = \bigcup_{i=1}^n A_i; \quad B_1 \cap B_2 \cap \dots \cap B_n = \bigcap_{i=1}^n B_i.$$

Разность $A \setminus B = C$, есть множество, состоящее из всех элементов A , не входящих в B . (см. рис. 2.46). Например, C – множество дисциплин учебного плана имеющих логическую связь друг с другом, за исключением двух выборочных b_3, b_8 . Формально можно записать: $A = \{a_i\}, i = \overline{1,53}$ – множество дисциплин принадлежащих учебному плану, кардинальное число которого равно 53 (мощность множества $\|A\| = 53$); $B = \{b_1, b_2, b_3, b_4\}$ – множество выборочных учебных дисциплин того же учебного плана ($\|B\| = 12$). В развернутом виде разность множеств имеет вид:

$$\underbrace{\{a_1, a_2, \dots, a_{53}\}}_A \setminus \underbrace{\{b_1, b_2, b_3, \dots, b_{12}\}}_B = \underbrace{\{b_3, b_8\}}_C.$$

Следует отметить особенности рассматриваемой операции. Во-первых, в отличие от операций объединения и пересечения множеств, операция разность строго двухместна, т.е. определена только для двух множеств. Во-вторых, некоммутативная, т.е. $A \setminus B \neq B \setminus A$. Если $A \setminus B = \emptyset$, то $A \subseteq B$.

Дизъюнктивная сумма (симметрическая разность) $A \oplus B = C$, есть множество всех элементов, принадлежащих или A или B , но не обоим вместе (см. рис. 2.46).

Дизъюнктивная сумма получается объединением элементов множеств за исключением тех, которые встречаются дважды. Например, преподаватель, проверяя множество контрольных работ, классифицирует их по вариантам A и B . Работы, содержащие признаки вариантов A и B преподаватель не проверяет, а выставляет сразу неудовлетворительную оценку.

Формально такая ситуация записывается в следующем виде: $A = \{a_1, a_2, a_3^*, a_4, a_5\}$ – множество контрольных работ, ответы которых должны соответствовать варианту A , где элемент множества a_3^* содержит признаки ответов варианта B ; $B = \{b_1, b_2, b_3, b_4, b_5^*, b_6\}$ – множество кон-

трольных работ, ответы которых должны соответствовать варианту B , где элемент b_5^* содержит признаки ответов варианта A . Тогда справедлива запись:

$$\underbrace{\{a_1, a_2, a_4, a_5\}}_A \oplus \underbrace{\{b_1, b_2, b_3, b_4, b_6\}}_B = \underbrace{\{a_1, a_2, a_4, a_5, b_1, b_2, b_3, b_4, b_6\}}_C.$$

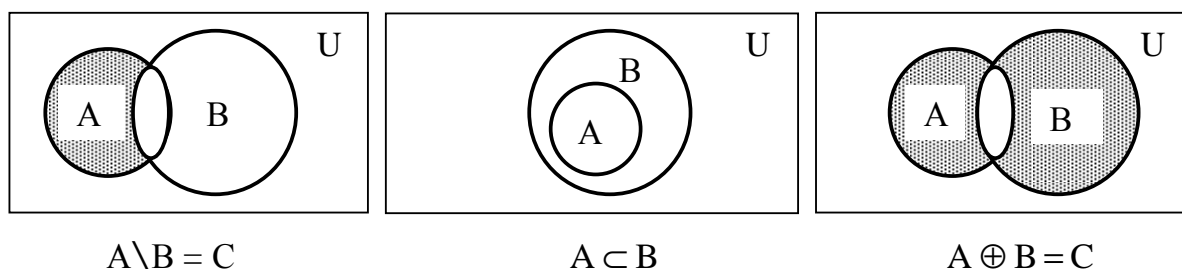


Рисунок 2.45 – Графическая интерпретация кругами Эйлера операций разности, дизъюнктивной суммы и отношения включения

Приведенные выше операции над множествами обладают некоторыми свойствами. Свойства операций объединения и пересечения приведены ниже.

$A \cup B = B \cup A$ – коммутативность операции объединения;

$A \cap B = B \cap A$ – коммутативность операции пересечения;

$A \cup (B \cup C) = (A \cup B) \cup C$ – ассоциативность операции объединения;

$A \cap (B \cap C) = (A \cap B) \cap C$ – ассоциативность операции пересечения;

$A \cup (B \cap C) = (A \cup B) \cap (A \cup C)$ – дистрибутивность операции объединения;

$A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup (A \cap C)$ – дистрибутивность операции пересечения;

$A \cup \emptyset = A$; $A \cup \bar{A} = U$; $A \cup U = U$; $\bar{\emptyset} = U$ – соотношения, определяющие свойства пустого множества \emptyset и универсума U относительно операции объединения;

$A \cap U = A$; $A \cap \bar{A} = \emptyset$; $A \cap \emptyset = \emptyset$; $\bar{U} = \emptyset$ – соотношения, определяющие свойства пустого множества \emptyset и универсума U относительно операции пересечения;

$A \cup A = A$; $A \cap A = A$ – законы идемпотентности относительно операции объединения и пересечения;

$A \cup (A \cap B) = A$; $A \cap (A \cup B) = A$ – законы поглощения относительно операций объединения и пересечения;

$\overline{A \cup B} = \bar{A} \cap \bar{B}$; $\overline{A \cap B} = \bar{A} \cup \bar{B}$ – законы де Моргана относительно операций объединения и пересечения.

Свойства операций разности и дизъюнктивной суммы специальных названий не имеют, и определяются следующими соотношениями:

$$\bar{A} = U \setminus A; \bar{\bar{A}} = A; A \setminus B = A \cap \bar{B}; A \oplus B = (A \cap \bar{B}) \cup (\bar{A} \cap B);$$

$$A \oplus B = B \oplus A; (A \oplus B) \oplus C = A \oplus (B \oplus C); A \oplus \emptyset = \emptyset \oplus A = A.$$

Приведенные выше операции над множествами и их свойства являются основой алгебры множеств. Алгебра множеств относительно операций объединения \cup и пересечения \cap является булевой алгеброй, где роль единицы и нуля играют соответственно универсум U и пустое множество, а операции отрицания соответствует дополнение до универсума.

2.7.2 Основные понятия алгебры отношений и теории графов

Из определения понятия «множество», сформулированного Н. Бурбаки, видно, что отношения между элементами множеств имеют основополагающее значение в теории множеств, а также в теории систем. Поэтому для усиления описательных возможностей теоретико-множественного языка многие математики используют алгебру отношений. Кроме того, алгебра отношений позволяет решать задачи формализации не только хорошо структурированных – математических задач, используя при этом строгие отношения, такие, как равно ($=$), больше ($>$), меньше ($<$), включение (\subset) и др., но и слабоструктурированные, связанные со сложными межличностными отношениями, например, между преподавателем и обучающимися («быть преподавателем»), между преподавателями и администрацией вуза («быть начальником» или «быть подчиненным») и др. Последние отношения называют родовидовыми.

Понятие «отношение» является философской категорией и объединяет такие понятия как «соответствие», «отображение», «функция».

Соответствием между множествами A и B называется подмножество, которое записывается в виде $G \subseteq A \times B$, что обозначает подмножество пар $(a, b) \in G$. Такие отношения называются бинарными. В литературе встречается и другая запись бинарных отношений, например, (aGb) . Элемент « a » называют первой координатой, а элемент « b » – второй координатой упорядоченной пары.

Элементарным примером бинарных отношений может служить отношение обучающихся к знаниям по конкретной учебной дисциплине, выраженных в оценках, полученных ими в течение семестра. Обозначим $A = \{a_i\}, i = \overline{1, n}$ – множество обучающихся в учебной группе в количестве n человек, $B = \{b_j\}, j = \overline{1, h}$ – множество оценок в количестве h , полученных обучающимися за семестр (будем различать два класса оценок – удовлетворительных и неудовлетворительных), G – множество пар (a_i, b_j) , которое ставит в соответствие каждого обучающегося оценкам, полученным в семестре. В данном случае учебный журнал можно интерпретировать как матрицу отношений, ставя на пересечении строк (фамилий обучающихся) и столбцов (порядковый номер контрольного занятия, где всем обучающимся выставляются оценки) «1», если обучающийся имеет удовлетворительные знания и «0», если неудовлетворительные. Такое задание отношений называется матричным. Часто бинарные отношения задают не в виде таблицы (матрицы отношений), а правилами, которые имеют вид:

$$g_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если выполнено } a_i G b_j, \\ 0, & \text{если не выполнено } a_i G b_j. \end{cases}$$

Другим способом задания бинарных отношений является графический (в виде графа). Здесь точками (вершинами) задаются элементы множества, например, A , ребрами (линиями, соединяющими эти вершины) – множество отношений E . Такие графы называются неориентированными. Если ребра обозначают стрелками, то их называют дугами. В этом случае граф принимает вид ориентированного или орграфа. Формальная запись графа отношений имеет следующий вид: $G = (A, E)$.

На рисунке 2.46 иллюстрируется декомпозиция сложного отношения «взаимодействие обучающихся в учебной группе», обозначим его E , на типовые отношения, которые возникают в процессе учебы в ВУЗе. Из ри-

сунка видно, что множество вершин имеют одну природу. В этом случае говорят, что построены графы отношений в множестве A .

Дадим краткую характеристику графам отношений, приведенных на рисунке 2.46 (а – е).

Характерной особенностью графа (см. рис. 2.46,а) является отсутствие $(E = \emptyset)$ каких либо отношений, связанных с учебной деятельностью обучающихся: $G = (A, \emptyset)$.

Граф, изображенный на рисунке 2.46,б) в теории графов называется «графом Понтрягина-Куратовского». Особенностью этого неориентированного графа является то, что его ребра пересекаются и поэтому он называется неплоским. Плоские графы отношений показаны на остальных рисунках.

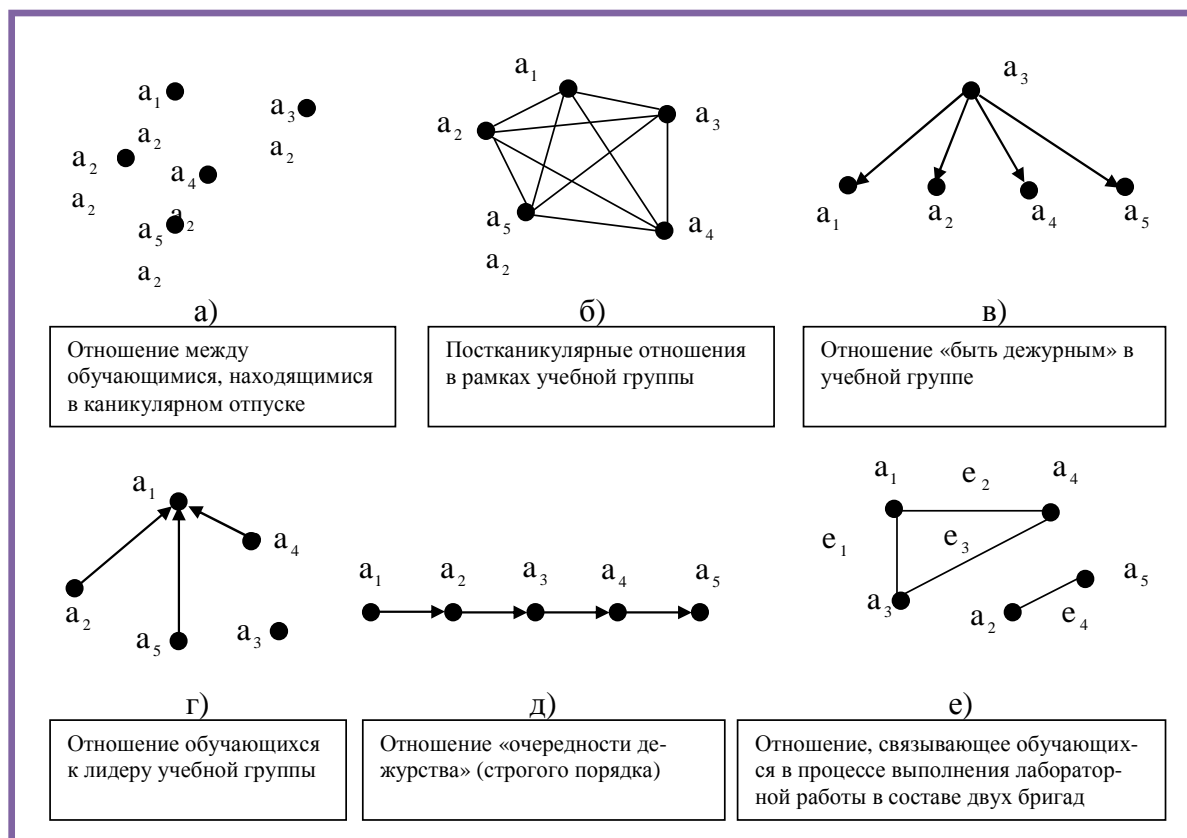


Рисунок 2.47 – Отношение взаимодействия обучающихся в учебной группе

На рисунке 2.46,в показан двудольный орграф. Подобным графом можно интерпретировать, например, отношения преподавателя (P) с обу-

чающимися (А) на лекционных занятиях. Для этого необходимо вершину a_3 обозначить другой буквой, например « p », и считать, что $\{p\} = P$ является одноэлементным множеством. В данном случае говорят, что построен граф отношений от P к A . Рассматриваемым биграфом можно интерпретировать и другие отношения преподавателя с обучающимися, например, на семинарских занятиях. Для этого необходимо поменять одинарные стрелки на двойные, что будет обозначать отношение диалога между преподавателем и обучающимися.

Особенностью графа отношений, (см. рис. 2.46,г) является изолированность вершины a_3 . Такие графы называют несвязными. Граф, изображенный на рисунке 2.46,д), отличается от остальных тем, что между его вершинами существует отношение строгого порядка, например, дежурства в соответствии со списком учащихся, приведенном в учебном журнале.

На рисунке 2.46,е) изображен граф, особенностью которого является то, что у него имеется два множества связанных вершин, каждое из которых изолировано друг от друга. Такие графы, вершины которых принадлежат одному и тому же множеству, называются частями общего графа или суграфом. В нашем случае $G' = (A', E')$ – суграф, где $\{a_1, a_3, a_4\} \subset A'$, $\{e_1, e_2, e_3\} \subset E'$. Аналогично суграфом является и $G'' = (A'', E'')$, где $\{a_2, a_5\} \subset A''$, $\{e_4\} \subset E''$. Очевидно, что $\{G', G''\} \subset G$.

От графического представления отношений в виде графов легко перейти к матричному представлению. В теории графов различают два вида матричного представления графов – матрицами смежности и инцидентности. Матрица смежности представляет собой таблицу, строки и столбцы которой соответствуют вершинам графа, ее a_{ij} элемент равен числу кратных ребер, связывающих вершины a_i и a_j (или направленных от вершины a_i к вершине a_j для орграфа).

Очевидно, что в случае (см. рис. 2.46,а) матрица смежности равна нулю $A = \|A\| = 0$, а в случае (см. рис. 2.46,б) единице $A = \|A\| = 1$, т.е. их элементы принимают значения «0» или «1» соответственно.

Задание отношений матрицами инцидентности основывается на понятии «инцидентность», которое определяется как отношение между разнородными объектами (вершинами и ребрами) графа. В то время как смеж-

ность представляет собой отношение между однородными объектами (вершинами).

Говорят, если вершина a_i является концом ребра e_h , то они инцидентны: вершина a_i инцидентна ребру e_h и обратно.

При переходе от орграфов к матрицам инцидентности различают положительную инцидентность (дуга исходит из вершины) и отрицательную (дуга заходит в вершину). Для примера (см. рис. 2.46,е) матрица инцидентности имеет вид:

$$A = \begin{array}{c|cccc|c} & e_1 & e_2 & e_3 & e_4 & \\ \hline & 1 & 1 & & & a_1 \\ & & & & 1 & a_2 \\ & 1 & & 1 & & a_3 \\ & & 1 & 1 & & a_4 \\ & & & & 1 & a_5 \\ \hline \end{array}.$$

Важным понятием в алгебре отношений является понятие «функциональное отношение». Оно определяется как отношение $H \subset X \times Y$, если все его элементы (упорядоченные пары) имеют различные первые координаты. Иначе, каждому элементу x из X такому, что $(x, y) \in H$ соответствует один и только один элемент y из Y .

Отличительной особенностью матрицы функционального отношения является то, что в каждом ее столбце содержится не более одного единичного элемента. Граф функционального отношения характеризуется тем, что из каждой вершины может выходить только одна дуга.

Любое функциональное отношение в алгебре отношений рассматривается как функция. Первую координату x упорядоченной пары $(x, y) \in H$ называют аргументом (переменной), а вторую y – образом (значением) функции. Традиционная запись функции $y = f(x)$ соответствует соотношению xfy , или $(x, y) \in f$. Множество H тех пар (x, y) , для которых выполнено соотношение xHy называют графиком функции.

Если функциональное отношение $H \subset X \times Y$ всюду определено на X , т.е. его область определения $D(H)$ совпадает с множеством X , то его называют отображением множества X в Y и записывают $X \xrightarrow{H} Y$. Отображение можно рассматривать как функцию f , определенную на множестве X и принимающую значения в множестве Y .

Из вышесказанного видно, что различие между отображением и функцией сводится к способу определения этих отношений на множестве X , причем отображение рассматривается как частный случай функции. Большинство авторов не различают понятия отображения и функции, оставляя открытым вопрос об области определения. В этом случае, если f – отображение или функция, то пишут $f: X \rightarrow Y$.

Приведем пример функциональных отношений, используя при этом числовые функции.

Предположим, что для определения рейтинга преподавателей вуза исследуется одна из компонент его профессиональной деятельности, а именно научная деятельность за некоторый период времени ΔT . Одним из показателей научной деятельности преподавателя может служить количество научных трудов, опубликованных им за этот период времени. Функциональное отношение между множеством моментов времени (выхода в свет публикаций) и значениями шкалы натуральных чисел, которые соответствуют количеству опубликованных работ, показано на рисунке 2.47.

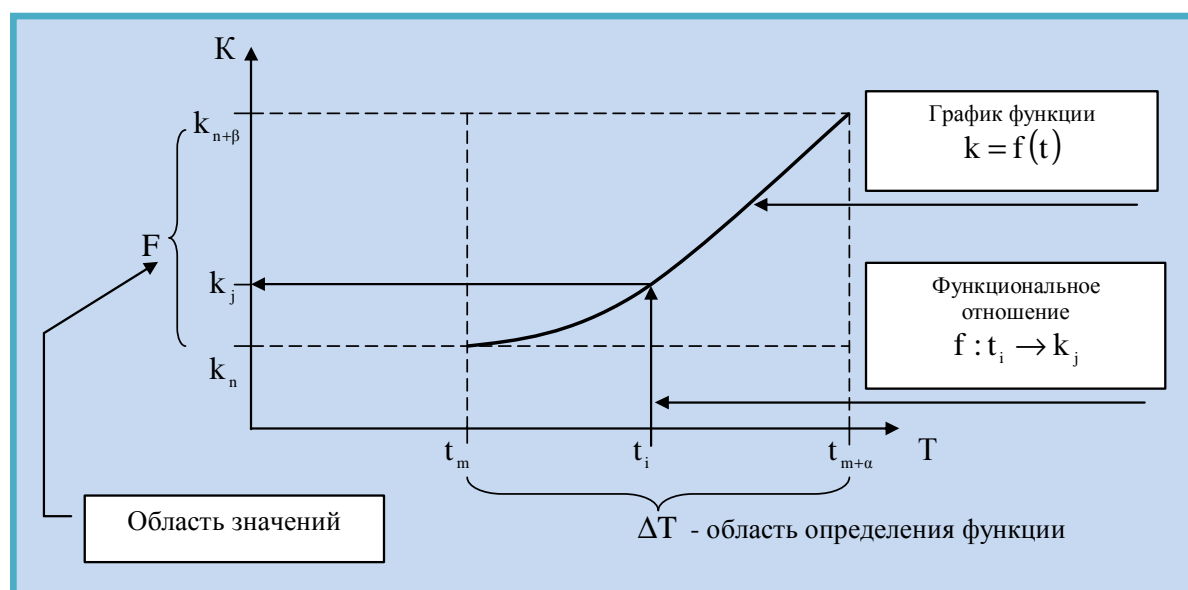


Рисунок 2.47 – Пример функциональных отношений

Такие функциональные отношения могут быть представлены в учебной базе данных ВУЗа для формирования соответствующих логических выводов, например, если соискатель за интервал времени $[t_m, t_{m+\alpha}]$ выполнил и опубликовал $k_{n+\beta} \geq 20$ научных трудов, то можно считать, что

он выполнил минимальные требования ВАК по опубликованию научных результатов на соискание ученой степени доктора наук.

Большое значение в алгебре отношений имеют типы отображений. Различают отображения X в Y , где каждый элемент $x \in X$ имеет один и только один образ $y = f(x)$ из Y . Примером такого отображения может служить рассмотренный выше пример (см. рис. 2.47).

Говорят, что имеет место отображение X на Y в том случае, если любой элемент из Y есть образ, по крайней мере, одного элемента из X . Такое отображение получило название сюръекция или накрытие.

Если для любых двух и более различных элементов из X $\{x_i\} = X, i = \overline{1, n}$ их образы $y_j = f(x_i)$ также различны, то отображение f называется инъекцией.

Отображение, которое одновременно является сюръекцией и инъекцией называется биекцией или наложением. В этом случае принято говорить, что $f: X \rightarrow Y$, есть взаимно-однозначное отображение, а между элементами X и Y имеется взаимно-однозначное соответствие.

Проиллюстрируем сюръективные, инъективные и биективные отображения на следующих примерах.

Зададим множество $\{m_i\} = M, i = \overline{1, n}$ – методических материалов, имеющих в библиотеке ВУЗа; множество $\{d_j\} \in D, j = \overline{1, v}$ – учебных дисциплин, изучаемых в ВУЗе и соответствие между ними в виде сюръективного отображения $f: M \rightarrow D$.

С высокой степенью достоверности можно утверждать, что для любой учебной дисциплины в библиотеке ВУЗа найдется хотя бы одна методическая разработка (учебник, пособие, конспект лекций и др.).

Зададим множество $\{p_i\} = P, i = \overline{1, s}$ – преподавателей, занятых в учебном процессе в конкретный учебный день недели; множество $\{a_j\} = A, j = \overline{1, r}$ – аудиторий вуза, в которых проводятся занятия. Тогда инъективное отображение $f: P \rightarrow A$ ежедневно, согласно расписанию занятий ставит в соответствие преподавателей и аудитории, в которых они должны проводить занятия.

Взаимно-однозначное соответствие (биекция) имеет место между пронумерованными дисциплинами учебного плана и вершинами его

структурно-логической схемы, которые пронумерованы в той же последовательности.

Следует заметить, что отношения можно рассматривать как множество, и все операции над множествами, которые рассмотрены выше, могут быть использованы для операций над отношениями.

Для алгебраических преобразований и классификации отношений необходимо знать свойства отношений, которые кратко изложим ниже.

Свойства отношений

Пусть E – бинарное отношение в множестве A . Определим общие свойства таких отношений, которые должны выполняться для всех $(a_i, a_j) \in E$. Говорят, что $E \subset A \times A$:

1. Рефлексивно, если $E \supset R$ (R – тождественное отношение, т.е. оно всегда выполняется между объектом и им самим (aEa)).

Содержательными примерами рефлексивных отношений могут служить отношения «быть похожим на», «иметь общий признак с».

Рефлексивные отношения всегда представляются матрицей, у которой на главной диагонали стоят единицы. В графе, изображающем рефлексивное отношение, каждая вершина имеет петлю.

2. Антирефлексивно, если $E \cap R = \emptyset$, т.е. может выполняться только для несовпадающих объектов: из $a_i E a_j$ следует $a_i \neq a_j$ (строгое неравенство, отношение строгого порядка).

Матрица, представляющая антирефлексивное отношение, имеет на главной диагонали нули, а в соответствующем графе петли непременно отсутствуют.

Пример антирефлексивного отношения приведен на рисунке 2.46,д).

3. Симметрично, если $E = E^{-1}$, т.е. при выполнении соотношения $a_i E a_j$ выполняется и соотношение $a_j E a_i$.

В матрице, представляющей симметричное отношение, элементы, симметрично расположенные относительно главной диагонали, равны между собой $a_{ij} = a_{ji}$. В соответствующем графе вместе с каждой стрелкой, идущей из вершины a_i в вершину a_j , существует и противоположно направленная стрелка. В большинстве случаев двойные стрелки не отображают, а симметричные отношения изображают неориентированным графом.

Пример симметричного отношения приведен на рисунке 2.46,б).

4. Асимметрично, если $E \cap E^{-1} = \emptyset$, т.е. из двух соотношений $a_i E a_j$ и $a_j E a_i$ по меньшей мере одно не выполняется. Если отношение асимметрично, то оно и антирефлексивно.

В матричном представлении это приводит к равенству $a_{ij} a_{ji} = 0$. В соответствующем графе не может быть стрелок, соединяющих две вершины в противоположном направлении, т.е. направление стрелок всегда существенно.

Например, отношение строгого включения « \subset », «быть преподавателем в конкретной учебной группе» и др.

5. Антисимметрично, если $E \cap E^{-1} \subseteq R$, т.е. оба соотношения $a_i E a_j$ и $a_j E a_i$ выполняются одновременно только тогда, когда $a_i = a_j$.

Для матричных элементов это приводит к утверждению: $a_{ij} a_{ji} = 0$, если $i \neq j$.

В графе антисимметричного отношения могут быть петли, но связь между вершинами, если она имеется, также отображается только одной направленной дугой.

Примерами таких отношений могут служить нестрогие неравенства \leq, \geq нестрогие включения \subseteq, \supseteq .

6. Транзитивно, если $EE \subseteq E$, т.е. $a_i E a_j$ и $a_j E a_k$, то следует $a_i E a_k$.

В матрице транзитивного отношения для каждой пары единичных элементов, один из которых расположен в i -м столбце и j -й строке, а другой в j -м столбце и k -й строке, обязательно существует единичный элемент, расположенный в клетке на пересечении i -го столбца и k -й строки (наличие единичных элементов на главной диагонали не нарушает транзитивности).

Граф транзитивного отношения покажем на примере.

При исследовании учебного плана и построении структурно-логической схемы выделена цепочка учебных дисциплин: философия (d_1), математика (d_2), физика (d_3), теория информации (d_4) и надежность и эксплуатация АСУ (d_5). Обозначим это множество соответственно $\{d_i\} = D, i = \overline{1,5}$. Зададим между элементами этого множества отношение «обеспечивать знаниями». Тогда граф транзитивного отношения имеет следующий вид (см. рис. 2.48).

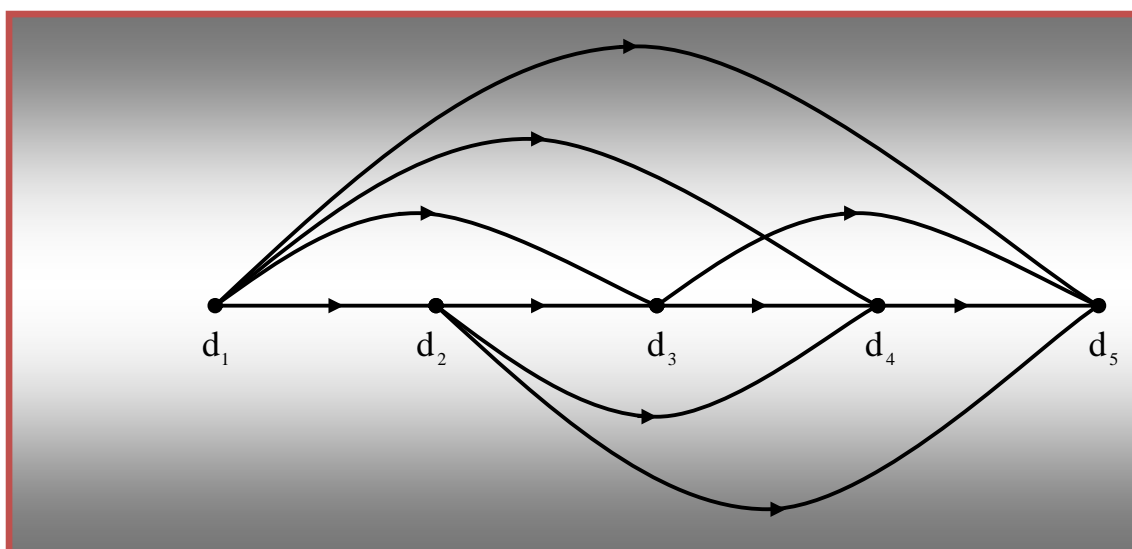


Рисунок 2.48 – Граф транзитивного отношения во множестве D

Отношения порядка

В алгебре отношений различают следующие виды порядка.

Упорядоченность

Отношение порядка обладает свойствами рефлексивности, транзитивности и антисимметричности. Его принято обозначать символом \leq . Запись $x \leq y$ означает, что пара (x, y) принадлежит множеству $A \subset M \times M$, являющимся отношением порядка в множестве M , причем x предшествует y (или y следует за x). В принятых обозначениях свойства отношения порядка запишутся следующим образом:

- 1) $x \leq x$ (рефлексивность);
- 2) если $x \leq y$ и $y \leq z$, то $x \leq z$ (транзитивность);
- 3) из $x \leq y$ и $y \leq x$ следует $x = y$ (антисимметричность).

Множество, на котором определено отношение порядка, называется упорядоченным множеством. Множество совершенно (линейно, просто) упорядочено, если для любых двух его элементов имеет место, по крайней мере, $x \leq y$ или $y \leq x$ (его называют также цепью).

В общем случае может оказаться, что для некоторых пар (x, y) ни одно из соотношений $x \leq y$ и $y \leq x$ не имеет места (такие элементы называют несравнимыми). Тогда говорят, что множество частично упорядоче-

но. Типичными примерами частичного порядка являются включение, отношение «быть делителем» и др.

Отношение строгого порядка

Отношение, наделенное свойствами транзитивности и антирефлексивности, называют отношением строгого порядка и обозначают символом $<$. Свойство антирефлексивности означает, что элемент множества не может сравниваться сам с собой. Между отношениями строгого порядка и нестрогого порядка имеют место соотношения: $(\leq) = (<) \cup E$ и $(<) = (\leq) \setminus E$, где E – тождественное отношение. Отношение строгого порядка характерно для различного рода иерархий с подчинением одного объекта другому.

Последовательности

Элементы любого конечного множества M можно пронумеровать порядковыми числами $1, 2, 3, \dots, n$. Для счетного множества нумерацию следует понимать как взаимно-однозначное отображение множества натуральных чисел N на M , которые каждому числу i ставят в соответствие некоторый элемент x_i из M . Упорядоченное таким отображением множество $\{x_1, x_2, x_3, \dots\}$ называется последовательностью (конечной или бесконечной). Элемент x_i из M называют членом последовательности с индексом i .

Весовые функции

Пусть на множестве M определено отображение $f: M \rightarrow R$ (R – множество действительных чисел), ставящее в соответствие каждому объекту x из M некоторое действительное число $f(x)$. Это число называют **весом**, а отображение f – **весовой функцией**. Иногда понятие веса совпадает с буквальным смыслом этого слова, например, вес детали, атомный вес химического элемента, полезный груз автомашины и др. Но весом может служить любая числовая характеристика объекта, например, сопротивление резистора, объем тела, площадь участка, число баллов спортсмена и др.

Если отображение f взаимно однозначно, то на множестве M можно определить совершенно строгий порядок условием $x < y$, если $f(x) < f(y)$. Действительно, если не существует объектов с равными весовыми функциями, то для любой пары (x, y) справедливо либо $f(x) < f(y)$,

либо $f(y) < f(x)$, т.е. все элементы сравнимы, и отношение антирефлексивно. В тоже время оно и транзитивно, так как для элементов $x, y, z \in M$ из $f(x) < f(y)$ и $f(y) < f(z)$ следует $f(x) < f(z)$. Примерами совершенно строгого упорядоченного множества, на котором определено инъективное отображение (весовая функция), являются: периодическая таблица Менделеева, расположение спортсменов по совокупности полученных баллов при условии, что нет одинаковых результатов и т.д.

Квазипорядок

Если отображение $f: M \rightarrow R$ не инъективно, т.е. два различных объекта x и y из M могут иметь равные веса $f(x) = f(y)$, то отношение между ними не являются антисимметричным и, следовательно, не удовлетворяет определению порядка. В тоже время с отображением f можно связать разбиение множества M на классы эквивалентности $\{M_1, M_2, \dots, M_j, \dots\}$. Каждый из них объединяет различные элементы из M с равными весами, причем этот вес служит представителем соответствующего класса.

В таком случае говорят об упорядочении совокупности классов эквивалентности $\{M_1, M_2, \dots\}$ некоторого множества M по их представителям $\alpha_1, \alpha_2, \dots$. Так как система представителей $\alpha_1, \alpha_2, \dots$ не содержит одинаковых элементов, то на этой системе как на множестве можно определить строгий порядок. Такое упорядочение отождествляет элементы множества M , принадлежащие к одному и тому же классу эквивалентности, и определяет на этом множестве квазипорядок (предпорядок). Говорят, также, что строгий порядок на множестве классов эквивалентности $\{M_1, M_2, \dots\}$ множества M индуцируется квазипорядком.

Квазипорядок удовлетворяет условиям рефлексивности и транзитивности.

Отношение эквивалентности

Отношение эквивалентности представляет собой экспликацию, т.е. перевод индуктивных представлений обыденных слов «одинаковость», «неразличимость», «взаимозаменяемость» в строго математическое понятие.

Эквивалентность удовлетворяет условиям рефлексивности, симметричности, транзитивности и обычно обозначается символом « \sim ».

При этом $x \sim y$ обозначает, что упорядоченная пара (x, y) принадлежит множеству $A \subset M \times M$, являющимся отношением эквивалентности в множестве M .

Свойства эквивалентности записывается следующим образом:

- 1) $x \sim x$ (рефлексивность);
- 2) если $x \sim y$, то $y \sim x$ (симметричность);
- 3) из $x \sim y$ и $y \sim z$ следует $x \sim z$ (транзитивность).

Отношение толерантности

Отношение толерантности τ на множестве M удовлетворяет свойствам рефлексивности и симметричности. Упорядоченная пара (x, y) принадлежит множеству $\tau \subset M \times M$, если 1) $x\tau x$ и 2) из $x\tau y$ следует $y\tau x$. Для этого отношения, в отличие от эквивалентности, транзитивность не обязательна, и, значит, эквивалентность есть частный случай толерантности.

Отношение толерантности представляет собой экспликацию индуктивных представлений о сходстве и неразличимости. Каждый объект неразличим сам с собой (рефлексивность), а сходство двух объектов не зависит от того, в каком порядке ни сравниваются (симметричность). В тоже время, если один объект сходен с другим, а другой сходен с третьим, то это вовсе не означает, что они обязательно сходны между собой, т.е. свойство транзитивности может не выполняться.

Развлекательным примером толерантности является популярная задача «превращение мухи в слона» (муха – мура – тура – тара – кара – каре – кафе – кафр – каюр – каюк – крюк – крок – срок – сток – стон – слон). Здесь отношение толерантности определяется сходством между четырехбуквенными словами, если они отличаются только одной буквой.

Законы композиции. Композиция объектов

В математике и ее приложениях большое значение имеют отношения, ставящие в соответствие паре каких-либо объектов (a, b) третий объект c . Примерами таких отношений являются действия над числами. В общем случае отношение может представлять собой некоторую операцию не только между числами, но и между объектами любой природы. При этом запись $a \downarrow b = c$, или $a \uparrow b = c$, означает, что a в композиции с b дает c .

Символ « \perp » (или « \top ») обозначает операцию, объекты a и b называют операндами, а объект c – результатом операции или композицией объектов a и b .

Обозначим множество операндов соответственно через A и B ($a \in A$ и $b \in B$), а множество результатов операции – через C ($c \in C$). Так как множество пар (a, b) , есть прямое произведение $A \times B$, то операцию определяют как отображение множества $A \times B$ в C , т.е. $A \times B \rightarrow C$, и часто называют законом композиции.

Законы композиций на множествах

Множества A, B, C участвующие в операции $A \times B \rightarrow C$, не обязательно должны быть различными. Если $B = C = S$, то говорят, что закон композиции определен на множестве S .

Различают внутренний закон композиции $S \times S \rightarrow S$ и внешний закон композиции $\Omega \times S \rightarrow S$, где Ω и S – различные множества. В случае внутреннего закона говорят, что множество образ элементов $\omega \in \Omega$ называют операторами, а Ω – множеством операторов на множестве S .

Операции на множестве S могут обладать некоторыми общими свойствами, которые обычно выражаются соотношениями между элементами из S :

- коммутативность $a \top b = b \top a$;
- ассоциативность $a \top (b \top c) = (a \top b) \top c$;
- дистрибутивность $(a \top b) \perp c = (a \perp c) \top (b \perp c)$
и $c \perp (a \top b) = (c \perp a) \top (c \perp b)$.

Гомоморфизм и изоморфизм

Рассмотрим два группоида: множество Q с законом композиции \top и множество S с законом композиции \perp . Пусть каждому элементу из Q соответствует некоторый элемент из S , причем, если паре $(a, b) \in Q$ соответствует пара $(a', b') \in S$, то элементу $(a \perp b) = c$ из Q соответствует $a' \top b'$ из S . Такое отображение $Q \rightarrow S$ называют гомоморфизмом Q в S . Иначе говоря, если $f: Q \rightarrow S$ такое, что для всякой пары (a, b) из Q справедливо соотношение $f(a \top b) = f(a) \perp f(b)$, то Q гомоморфно отображается в S относительно операций \top и \perp (см. рис. 2.49).

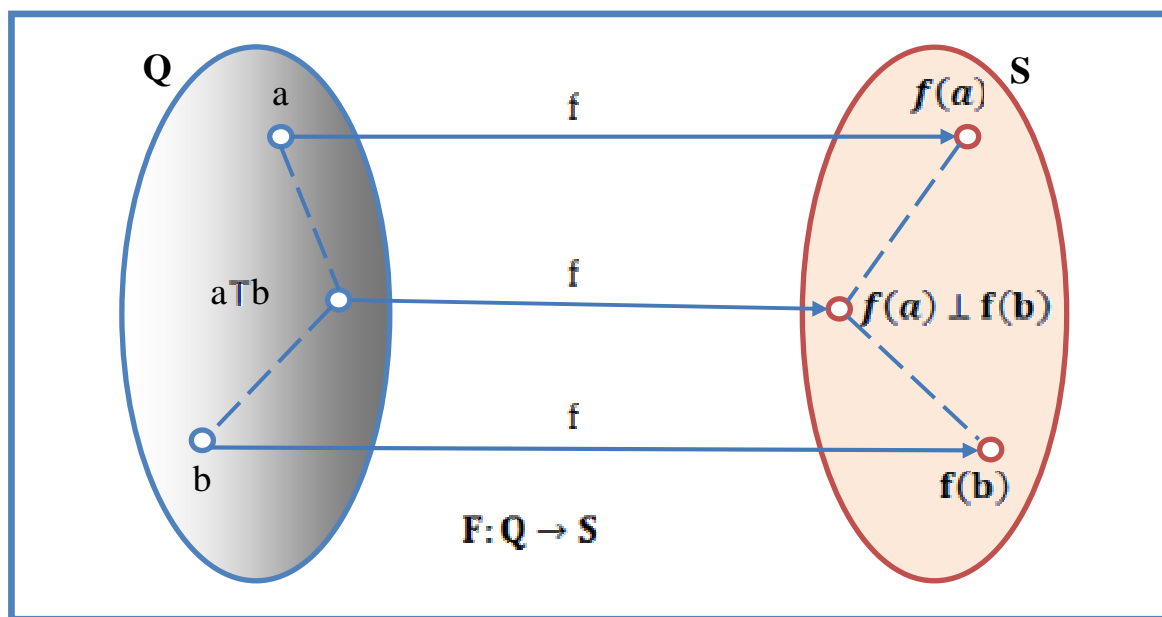


Рисунок 2.49 – Иллюстрация гомоморфных отображений

В алгебре отношений различают четыре вида отображений, суть которых представлена на рисунке 2.50.

В случае сюръективного отображения f имеем гомоморфизм Q на S , называемый эпиморфизмом. Взаимно-однозначный (биективный) гомоморфизм называется изоморфизмом. Изоморфные множества Q и S обладают одинаковыми свойствами относительно определенных на них операций. Например, если операция \top коммутативна на множестве Q , то операция \perp также коммутативна на множестве S ; если для каждого элемента из Q существует симметричный элемент относительно операции \top , то и для каждого элемента из S , соответствующего элементу из Q , существует симметричный относительно операции \perp .

На практике формального представления сложных систем часто используют сложные порядки, когда на элементах некоторого множества существует несколько порядков. Например, если учебник или монографию рассматривать как некоторый лингвистический объект (сложную систему), то на его элементах (страницах, разделах, подразделах и т.д.) существуют отношения строгого порядка в виде нумерации страниц, отношения включения и принадлежности (раздел включает конкретные иллюстрации) и т.д.

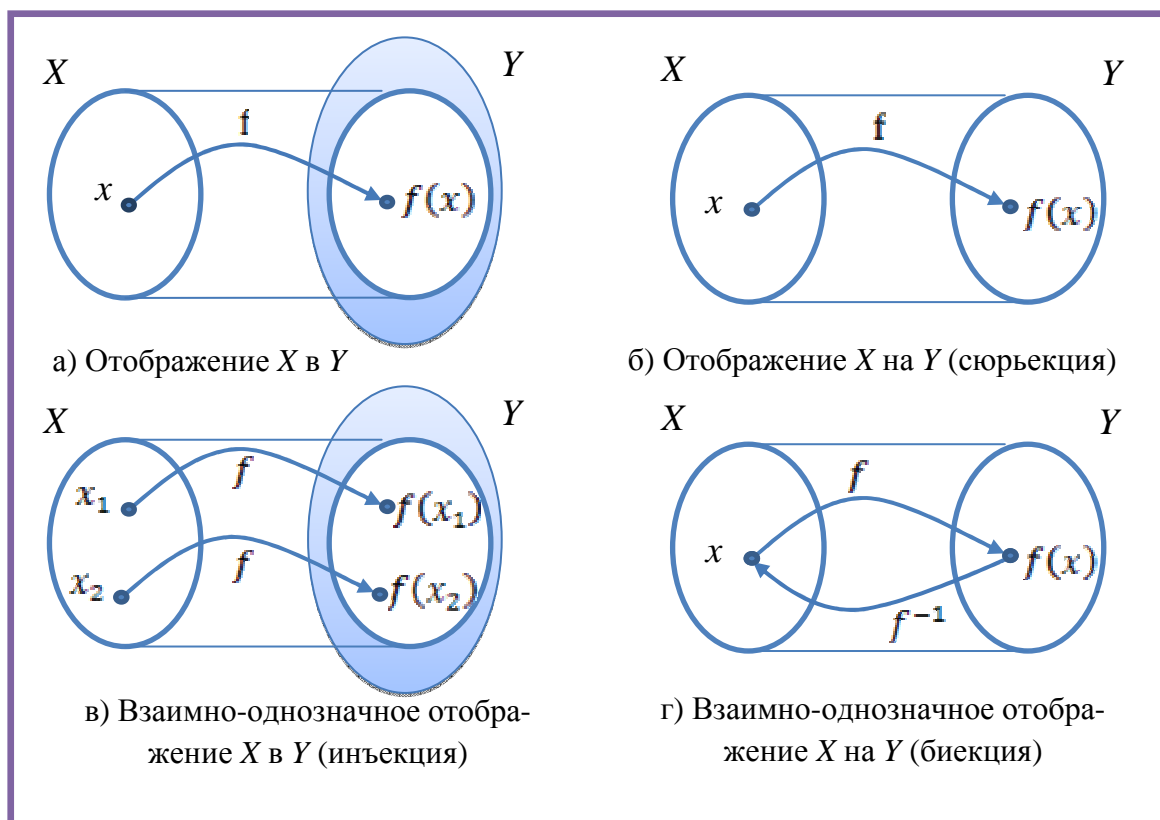


Рисунок 2.50 – Иллюстрация различных видов отображений

Здесь уместно привести понятие изотонности некоторых отображений.

Изотонным называется отображение $X \xrightarrow{f} Y$, сохраняющее порядок: $x < y \rightarrow f(x) < f(y)$, где символом « $<$ » обозначен порядок на Y .

2.7.3 Формальные системы как логическая основа представления знаний в системах с искусственным интеллектом

Формальной системой, которая расширяет элементарную алгебру логики, является логика высказываний. Здесь высказывания рассматриваются, как двоичные переменные, которые удовлетворяют закону исключения третьего: каждое высказывание может быть истинным или ложным (третьего не дано). При этом считают, что высказывание не может быть одновременно и истинным, и ложным (закон противоречия). Эти законы позволяют полностью использовать в логике высказываний аппарат двузначной логики.

В логике высказываний ставят в соответствие операциям отрицание, конъюнкция, дизъюнкция, импликация и эквиваленция сентенциональные связки (слова) «не», «и», «или», «если..., то», «если и только если», с помощью которых в обычном языке из простых предложений образуются сложные. Как правило, высказывания обозначаются прописными буквами, а для операций используются те же символы, что и в алгебре логики. Например, *отрицание* \bar{P} может соответствовать высказыванию «Студенты на занятиях обучают преподавателя» – ложь; *конъюнкция* $P \wedge Q$ может соответствовать высказыванию «Преподаватель создал электронные средства обучения *и* использует их в педагогической практике». Это сложное высказывание можно разделить на два P – «Преподаватель создал электронные средства обучения» и Q – «Преподаватель использует электронные средства обучения в педагогической практике». Примером *дизъюнкции* $P \vee Q$ может служить следующее высказывание «Преподаватель способен провести занятие традиционным методом (P) *или* преподаватель способен провести занятие инновационным методом (Q)». Примером *импликации* $P \rightarrow Q$ может быть высказывание, например, «Если студент хорошо подготовился к экзамену, *то* студент обязательно получит положительную оценку», где P – «Студент хорошо подготовился к экзамену» и Q – «Студент обязательно получит положительную оценку».

Эквиваленция $P \sim Q$ может встречаться в различных грамматических формах, таких как « P , если и только если Q », « P тогда и только тогда, когда Q » и др. Примером эквиваленции может служить высказывание «Лабораторное занятие достигнет своей цели *тогда и только тогда, когда* студенты готовы к проведению исследований», где P – «Лабораторное занятие достигнет своей цели», а Q – «Студенты готовы к проведению исследований».

Видно, что всякое сложное предложение, которое состоит из простых, связанных сентенциональными связками, можно представить в символической форме. Такие символические записи получили название высказывательных формул.

В логике высказываний дается следующее определение формулы: 1) переменные высказывания суть формулы; 2) если A и B – формулы, то $(A \wedge B)$, $(A \vee B)$, $(A \rightarrow B)$, $(A \sim B)$ и \bar{A} тоже формулы.

Такое определение позволяет из элементарных формул образовывать новые, более сложные формулы. При формализации для построения правильных умозаключений необходимо пользоваться известными законами (теоремами) логики высказываний, основные из которых приводятся ниже.

ЗАКОНЫ ЛОГИКИ ВЫСКАЗЫВАНИЙ

$P \rightarrow P$ – закон тождества; $P \vee \bar{P}$ – закон исключения третьего; $\overline{\overline{P}}$ – закон противоречия; $\overline{\bar{P}} \sim P$ – закон двойного отрицания; $P \rightarrow (Q \rightarrow P)$ – истина из чего угодно; $\bar{P} \rightarrow (P \rightarrow Q)$ – из ложного что угодно; $(P \rightarrow Q) P \rightarrow Q$ – закон отделения или modus ponens; $(P \rightarrow Q) \bar{Q} \rightarrow \bar{P}$ – modus tollens и др.

Каждый из законов логики высказываний соответствует некоторой схеме доказательств. Например, в соответствии с законом modus ponens, если истинно, что некоторое высказывание P имплицирует высказывание Q и, кроме того, если P истинно, то истинно и Q .

В логике высказываний выделяют некоторый класс формул, которые называют истинными или выводимыми в исчислении высказываний. Определение истинных формул имеет такой же рекурсивный характер, как и определение формулы. Сначала определяют исходные истинные формулы, а затем определяют правила, позволяющие из имеющихся истинных формул образовывать новые. Эти правила называют «правилами вывода», а исходные истинные формулы – аксиомами. Образование истинной формулы из исходных истинных формул или аксиом путем применения правил вывода называют выводом данной формулы из аксиом.

В исчислении высказываний выделяют четыре группы аксиом и два базовых правила вывода.

АКСИОМАТИКА И ПРАВИЛА ВЫВОДА ЛОГИКИ ВЫСКАЗЫВАНИЙ

Первая группа (I).

1. $A \rightarrow (B \rightarrow A)$. 2. $(A \rightarrow (B \rightarrow C)) \rightarrow ((A \rightarrow B) \rightarrow (A \rightarrow C))$.

Вторая группа (II).

1. $A \wedge B \rightarrow A$. 2. $B \wedge A \rightarrow B$.

3. $(A \rightarrow B) \rightarrow ((A \rightarrow C) \rightarrow (A \rightarrow B \wedge C))$.

Третья группа (III).

1. $A \rightarrow A \vee B$. 2. $B \rightarrow B \vee A$.

Четвертая группа (IV).

1. $(A \rightarrow B) \rightarrow (\bar{B} \rightarrow \bar{A})$. 2. $A \rightarrow \bar{\bar{A}}$. 3. $\bar{\bar{A}} \rightarrow A$.

Видно, что аксиомы группы I из логических связей содержат только следствие. Эта связь входит и во все остальные группы. Но в группе II к следствию присоединяются конъюнкции (логические произведения), в группе III – дизъюнкции (логические суммы), а в группе IV – отрицания.

ПРАВИЛА ВЫВОДА

Правило подстановки. Пусть G формула, содержащая букву A . Тогда если G истинная формула в исчислении высказываний, то, заменяя в ней букву A всюду, где она входит, произвольной формулой Q , мы также получаем истинную формулу.

Правило заключения. Если G и $G \rightarrow Q$ истинные формулы исчисления высказываний, то Q также истинная формула. Указанием аксиом и правил вывода полностью определяется понятие истинной или выводимой в исчислении высказываний формулы.

Кроме базовых правил вывода – правила подстановки и правила заключения имеются и другие, производные правила. Для всех правил вывода в исчислении высказываний вводится схема, позволяющая сокращенно их записывать.

Правила вывода выражаются обычно в следующих терминах.

«Если формула G, Q, \dots истинны, то формулы, R, W, \dots тоже истинны». Такого рода определения записываются в виде следующей схемы: $\frac{G, Q, \dots}{R, W, \dots}$. Тогда базовые правила вывода можно записать так.

Правило подстановки $\frac{G}{S_A^Q(G)}$, где $S_A^Q(G)$ – формула, которая образовалась после подстановки вместо буквы A формул Q .

Правило заключения $\frac{G, G \rightarrow Q}{Q}$.

Исчисление высказываний является довольно узкой формальной системой, которая не в полной мере учитывает структуру формализуемого предложения. Она формализует только лишь логические связи между предложениями, как это выше показано на примерах.

Язык логики предикатов. Развитие алгебра логики получила благодаря ряду известных ученых (Фреге, Пеано, Рассела, Уайтхенда, Лукасевича, Гильберта), которые исследовали возможность проникновения формализации в структуру самих предложений в смысле связи того, о ком или о чем идет речь, с тем, что говорится о данном предмете (предикат). Предикат в переводе с латинского (praedicatum) обозначает высказывание и в словарях определен как логическое сказуемое – то, что в суждении высказывается о субъекте.

Предикат представляет логическую функцию $P(x)$, которая принимает, как и булева функция, значение 0 (F) или 1 (T), но в отличие от них, значения аргумента x задаются элементами некоторого множества объектов ($x \in M$). В общем случае такая функция может зависеть от многих аргументов x_1, x_2, \dots, x_n , принимающих значения из одного и того же или различных множеств. Формально такую функцию записывают $P(x_1, x_2, \dots, x_n)$ и называют n -местным предикатом.

Например: « x – студент», « x – преподаватель вуза», « x – начальник кафедры», « x – учебное пособие» и другие – **одноместные предикаты** $P(x)$;

« x учится в группе y », « x является преподавателем кафедры y », « x – учебное пособие, обеспечивает подготовку студентов по дисциплине y » – **двуместные предикаты** $P(x, y)$;

« x преподает учебную дисциплину y на профилирующей кафедре Z », « x является участником научно-исследовательской работы y , руководимой Z », « x имеет отличные знания по дисциплине y , которую преподает Z » – **трехместные предикаты** $P(x, y, z)$ и т.д.

В случае, если аргументы (**предметные переменные**) замещены конкретными значениями (**предметными постоянными**), например, номер кафедры, фамилия преподавателя, название учебной дисциплины и другими, то предикат вырождается в высказывание, которое рассматривается как 0-местный предикат.

Предметные переменные и предметные постоянные образуют класс логических понятий, которые называют **термами**.

Предикаты, как и булевы переменные, можно связывать логическими операциями и получать более сложные предикаты. В отличие от исчисления высказываний в исчисление предикатов введены операции, которые называют кванторами. Они выражают отношение общности и существования. Пусть задан предикат $P(x)$, определенный на множестве M . Утверждение, что **все** ($x \in M$) обладают свойством $P(x)$ записывают с помощью квантора общности $\forall x$ в виде $\forall x P(x)$, что читается «для всех x , P от x ». Утверждение, что существует хотя бы один объект x из M , обладающий свойством $P(x)$, записывается с помощью квантора существования $\exists x$ в виде $\exists x P(x)$, что читается «существует такое x , что P от x ». В некоторых случаях для того чтобы подчеркнуть существование единственного элемента к квантору существования добавляют восклицательный знак $\exists! x$ – читают «существует единственный элемент x такой, что P от x ».

Кванторы общности $\forall x$ и существования $\exists x$ связывают переменную x , превращая одноместный предикат в высказывание. Очевидно, $\forall x P(x)$ истинно только при условии, что $P(x)$ тождественно истинный предикат, а во всех остальных случаях это высказывание ложно. Высказывание $\exists x P(x)$ всегда истинно, кроме единственного случая, когда $P(x)$ – тождественно ложный предикат.

Приведем примеры операций с кванторами.

Предикат $P(x)$ = « x – студент отличник конкретного ВУЗа», определен на множестве студентов конкретного ВУЗа. Подставляя вместо x фамилии отличников, получим множество высказываний, например,

$P(x)$ = «Петренко отличник конкретного ВУЗа», $P(x)$ = «Войтович отличник конкретного ВУЗа» и другие, которые являются истинными. Высказывание $\forall xP(x)$ – «все студенты отличники конкретного ВУЗа» – ложно, а $\exists xP(x)$ – «некоторые студенты являются отличниками конкретного ВУЗа» – истинно.

Отсюда видно, что применение квантора к n -местному предикату превращает его в $(n - 1)$ -местный предикат. Переменные, к которым применяются кванторы, называют связанными, а остальные переменные – свободными. Например, из двухместного предиката $P(x, y)$ с помощью кванторов получаем одноместные предикаты $\forall xP(x, y)$; $\exists xP(x, y)$; $\forall yP(x, y)$ и $\exists yP(x, y)$, а также 0-местные предикаты (высказывания) $\forall x\forall yP(x, y)$; $\forall x\exists yP(x, y)$; $\exists x\exists yP(x, y)$.

Квантор связывает переменную в области своего действия. Эта область обычно заключается в скобки, если она содержит не один предикат, а совокупность предикатов, связанных символами логических операций. Выражения, которые можно записать применением к предикатам сентенциальных связок и кванторов, представляют собой **формулы логики предикатов**.

Аксиоматику исчисления предикатов составляют аксиомы исчисления высказываний, к которой добавляются еще две аксиомы.

АКСИОМАТИКА И ПРАВИЛА ВЫВОДА ЛОГИКИ ПРЕДИКАТОВ

$$1. \forall xF(x) \rightarrow F(y)$$

$$2. F(y) \rightarrow (\exists x)F(x)$$

В этих аксиомах $F(x)$ – любая формула, содержащая свободные вхождения x , причем ни одно из них не находится в области действия квантора по y ; формула $F(y)$ получена из $F(x)$ заменой всех свободных вхождений x в y .

Основу правил вывода в исчислении предикатов составляют правила вывода исчисления высказываний. Правило заключения (modus ponens) – то же, что и в исчислении высказываний.

ПРАВИЛА ВЫВОДА

Правило связывания квантором общности (\forall – введения) в общем виде имеет следующую запись $\frac{F \rightarrow G(x)}{F \rightarrow \forall x G(x)}$, где $G(x)$ содержит свободные вхождения x , а F их не содержит.

Правило связывания квантором общности (\exists – введения) записывается $\frac{G(x) \rightarrow F}{\exists x G(x) \rightarrow F}$ при тех же требованиях к F и G , что и в предыдущем правиле.

Правило переименования связанной переменной. Связанную переменную формулы A можно заменить (в кванторе и во всех вхождениях в области действия квантора) другой переменной, не являющейся свободной в A .

Более подробно правила образования истинных формул в исчислении предикатов приведены в работах [17 и др.].

Очередным этапом развития формальных представлений о сложных системах и процессах, в них протекающих, является этап создания формализованных теорий [25]. Формализованной теорией называют формальную систему с присоединением к ней множества формул A , называемых собственными или нелогическими аксиомами. В общем виде формализованную теорию представляют тройкой $\{Z, C, A\}$, где Z – язык формализованной теории (он может быть языком исчисления предикатов), C – операция присоединения следствий, A – множество формул. Операция C позволяет осуществлять вывод теорем теории на основании множества логических и нелогических аксиом формальной системы. Конечная последовательность формул A_1, A_2, \dots, A_n, B называется формальным выводом B в формальной системе $\{Z, C\}$ из множества формул $F \subseteq A$, если каждая формула является логической аксиомой, либо принадлежит множеству F , что обозначается формулой $F \vdash B$.

Множество формул, выводимых из нелогических аксиом A , называются теоремами формализованной теории. В отличие от теорем других формальных систем такие теоремы выражают свойства объектов некоторой предметной области и характеризуются определенным содержанием, зависящим от содержания множества аксиом A .

В отличие от исчисления высказываний и предикатов, переменные в формализованных теориях обозначают не высказывание, а элементы предметной области, относительно которых формулируются некоторые утверждения, выражаемые предикатом $R(x_1, x_2, \dots, x_n)$. Каждый предикат является характеристической функцией отношения $R(x_1, x_2, \dots, x_n)$, в смысле определяющей множество упорядоченных элементов x_1, x_2, \dots, x_n , или как подмножество n -кратного прямого произведения

$$x_1 \times \dots \times x_n: R(x_1, x_2, \dots, x_n) \subset X^n,$$

где $x_i \in X, i = \overline{1, n}$. Тогда предикат $R(x_1, x_2, \dots, x_n)$ можно записать в виде отображения $\rho: X^n \rightarrow \{T, F\}$, где T – «истина», а F – «ложь».

Другое отличие языка формализованных теорий от языка исчисления предикатов заключается во введении символов предметных функций $f(x_1, x_2, \dots, x_m)$, характеризующих некоторые элементы той же предметной области $y \in X$, которые связаны с упорядоченной m -кой x_1, x_2, \dots, x_m отношением $F(x_1, x_2, \dots, x_m, y)$.

Логические связки $\wedge, \vee, \neg, \rightarrow, \equiv$, имеют смысл операций $\cap, \cup, \sim, \rightarrow, \equiv$ булевой алгебры при ее интерпретации как алгебры высказываний.

Кванторы \forall и \exists являются обобщением операций \cap и \cup булевой алгебры на случай бесконечного числа высказываний, к которым они применяются.

Содержание всякой формализованной теории определяется ее интерпретацией, под которой понимается система, состоящая из непустого множества D , называемого областью интерпретации, и соответствия, сопоставляющего каждому предикатному символу $P(x_1, x_2, \dots, x_n)$ n -местное отношение в множестве D , каждому функциональному символу $f(x_1, x_2, \dots, x_m)$ m -местную операцию в D , и каждой предметной константе a – некоторый элемент из множества D .

При данной интерпретации всякая формула без свободных переменных представляет собой высказывание, которое является истинным или ложным, а всякая формула со свободными переменными выражает некоторое отношение на области интерпретации. Если отношение имеет место (выполняется) для данного набора значений переменных, то формула имеет значение «истина», в противном случае «ложь».

Формула A называется истинной при данной интерпретации, если она выполняется при любой подстановке элементов множества D вместо переменных.

Формула A называется ложной, если $\neg A$ является истинной в данной интерпретации.

Данная интерпретация называется моделью для данного множества формул Γ , если каждая формула из Γ истинна в данной интерпретации.

Формула A называется логически общезначимой, если она истинна в каждой интерпретации.

Формула A называется выполнимой, если существует интерпретация, в которой A выполняема хотя бы при одной подстановке элементов множества D вместо переменных.

Формула B является логическим следствием множества Γ формул, если во всякой интерпретации формула B выполняется при каждой подстановке констант из D вместо переменных, при которой выполняются все формулы из Γ .

Приведенные выше правила образуют синтаксис языка Z формализованных теорий.

Таким образом, в настоящем подразделе представлены основные понятия алгебры отношений и математической логики, которые в свою очередь составляют основу создания формальных систем, таких как исчисления высказываний, предикатов, а также формализованных теорий. Данные формальные системы широко используются в качестве логико-математического обеспечения в информационно-управляющих системах, построенных на основе методов искусственного интеллекта.

К сожалению, много важных понятий алгебры отношений осталось за рамками настоящего пособия. Такие понятия как «отношение транзитивного замыкания», «гомоморфизм» и его разновидности, «отображение отношений», в частности «отношение корреспонденции» и другие будут полезны при изучении методов построения геоинформационных систем, в состав которых входят базы геоданных, а также базы знаний с моделями пространственно-временного представления объектов и процессов.

2.7.4 Формальные представления сложных систем в теории категорий и функторов

Сложность современных информационно-управляющих систем определяется огромным количеством их элементов и подсистем, многоуровневой иерархией, масштабностью географического расположения объектов управления, а также большой разновидностью связей и отношений между управляемыми объектами. К классу таких сложных систем относятся геоинформационные системы, которые в настоящее время применяются во многих отраслях человеческой деятельности. Для создания математических моделей прикладных геоинформационных технологий, к сожалению, не хватает описательной «мощности» математического аппарата дискретной математики, в частности теории множеств и алгебры отношений, рассмотренных выше.

В настоящее время для математического описания подобных систем используют более абстрактные математические конструкции теории категорий и функторов, которые являются основой метаматематики (см. п.п. 2.6.1, рис. 2.31).

Метаматематика – раздел математической логики, изучающий основания математики, структуру математических доказательств и математических теорий с помощью формальных методов. Термин «метаматематика» буквально означает «за пределами математики».

В широком смысле слова **метаматематика** – метатеория математики, не предполагающая никаких специальных ограничений на характер используемых метатеоретических методов, на способ задания и объём исследуемой в ней «математики».

Выше в п.п. 2.7.3 приведены сведения о формальных системах, которые пригодны для формализации ограниченных предметных областей. Ограниченность использования логических исчислений и формализованных теорий связана с трудностями, которые возникают при детальном описании предметной области, и, следовательно, увеличению количества аксиом, что приводит к росту объема просматриваемых вариантов при автоматическом доказательстве теорем. Одним из путей к созданию глобальных систем, например, организационно-технических, социальных, в том числе и геоинформационных систем, является создание частных формализованных теорий, описывающих фрагменты предметной области, а затем их

объединение в глобальную формализованную теорию на основе алгебраических топологий, т.е. теории категорий и функторов.

Теория категорий оперирует следующими понятиями.

Категория определяется как класс объектов $Ob(K)$ вместе с классом морфизмов $Mor(K)$ и законом композиции μ , если выполняются следующие положения.

Ассоциативность закона композиции для $f \in Mor(X, Y)$, $g \in Mor(Y, Z)$, $h \in Mor(Z, T)$ и имеет место композиция $h(g \circ f) = (h \circ g) \circ f$.

Существование единицы для каждого $X \in Ob(K)$ и $1_X \in Mor(X, X)$, называемой тождественным или единичным морфизмом объекта X , такой, что для любых $f \in Mor(X, Y)$ и $g \in Mor(Z, X)$ имеет место $f \circ 1_X = f$, $1_X \circ g = g$.

Важно, что ее объекты $Ob(K)$ могут иметь любую произвольную природу. В том числе объекты $Ob(K)$ могут рассматриваться как математические конструкции, т.е. формализованные теории и другие алгебраические системы, например, группы, полугруппы, кольца, алгебра Ли и др.

Эти свойства категорий позволяют использовать при формализации уже разработанные частные формализованные теории, модели и т.д., описывающие конкретные предметные области.

В работах по топологии [26, 27] на более высокую степень обобщения ставят и понятие функция. Здесь вводятся понятия ковариантных и контравариантных функторов, которые будут использованы при объединении частных формализованных теорий.

Ковариантным функтором F из категории K_1 в категорию K_2 называется правило, сопоставляющее каждому объекту X из $Ob(K_1)$ некоторый (вполне определенный) объект $F(X)$ из $Ob(K_2)$, и каждому морфизму f из $Mor_{K_1}(X, Y)$ – некоторый (вполне определенный) морфизм $F(f)$ из $Mor_{K_2}(F(X), F(Y))$ и именно так, что выполняются аксиомы:

$$\Phi.1. F(1_X) = 1_{F(X)} \forall X \in Ob(K_1);$$

$$\Phi.2. \text{ для произвольных двух морфизмов } f: X \rightarrow Y \text{ и } g: Y \rightarrow Z \text{ категории } K_1 F(g \circ f) = F(g) \circ F(f).$$

Двойственным образом определяется контравариантный функтор, т.е. определяющие контравариантный функтор аксиомы аналогичны аксиомам ковариантного функтора за исключением формулы $K_1 F(g \ f) = F(g) \circ F(f)$, которая принимает вид $K_1 F(g \ f) = F(f) \circ F(g)$.

В работе [27] показано, что ковариантные (контравариантные) функторы сами могут образовывать категории, в которых морфизмы называют функторными.

Важными понятиями в теории категорий являются понятия «конуса» и «коконуса», которые определяются как семейство $\{f_\delta: Y \rightarrow X_\delta, \delta \in \Delta\}$, морфизмов категории K с общим началом Y и концами X_δ , где Δ – множество морфизмов, составляющих конус. Двойственным образом, всякое непустое семейство $\{f^\delta: X_\delta \rightarrow Y, \delta \in \Delta\}$ морфизмов категории K с общим концом Y называется коконусом с вершиной Y и началами в X_δ .

На языке теории категорий обозначаются:

Set – категория множеств. Объектами в этой категории являются множества, а морфизмами – отображения множеств.

Group – категория групп. Объектами здесь являются алгебраические группы, а морфизмами – отображения, сохраняющие групповую структуру.

Vect_K – категория векторных пространств над алгебраическим полем K . Здесь морфизмами являются линейные отображения.

Таким образом, с целью математической поддержки обучающихся изложены теоретические основы формального представления сложных систем от простых представлений к сложным, от элементарных формальных систем в виде исчисления высказываний до более сложных логических построений (формализованных теорий), основанных на топологических алгебрах.

2.7.5 Примеры использования теоретико-множественного описания в прикладных лингвистических информационных технологиях

В условиях информационно-коммуникационной революции стремительно расширяется и усложняется Мир сложных систем (см. п.2.4, рис. 2.22). На основе языков программирования строятся программные комплексы, реализующие функции, связанные с решением прикладных задач в языковой сфере. Для решения таких задач используются лингвистические технологии, которые могут классифицироваться как информаци-

онные системы с элементами искусственного интеллекта. На основе лингвистических информационных технологий решаются следующие практические задачи: распознавание текста с целью его перевода на иностранный язык, а также автоматического реферирования больших массивов печатного текста; распознавание речи с целью ее ввода в ПК, а также определение голоса «телефонных террористов» специальными государственными службами; построение частотных словарей, справочников, конкордансов, национальных корпусов языка с целью его исследования и т.д.

Покажем пример формализации элементов лингвистической технологии, которая использует русский, греческий и латинский алфавиты. Обозначим алфавиты этих языков множествами C^1 – русский алфавит, мощность множества которого составляет 33 буквы, т.е. $Card C^1 = 33$. Греческий алфавит обозначим множеством A^1 , кардинальное число которого равно 24, т.е. греческий алфавит состоит из 24 букв ($Card A^1 = 24$). Латинский алфавит обозначим множеством B^1 , имеющий в своем составе 26 букв или элементов этого множества ($Card B^1 = 26$). Кроме того, универсум языков обозначим множеством U^1 .

Воспользуемся хорошо известным инструментарием – диаграммой Эйлера – Вена для того, чтобы показать операцию пересечения элементов этих трех алфавитов (см. рис. 2.51), производимую в некоторой лингвистической технологии.

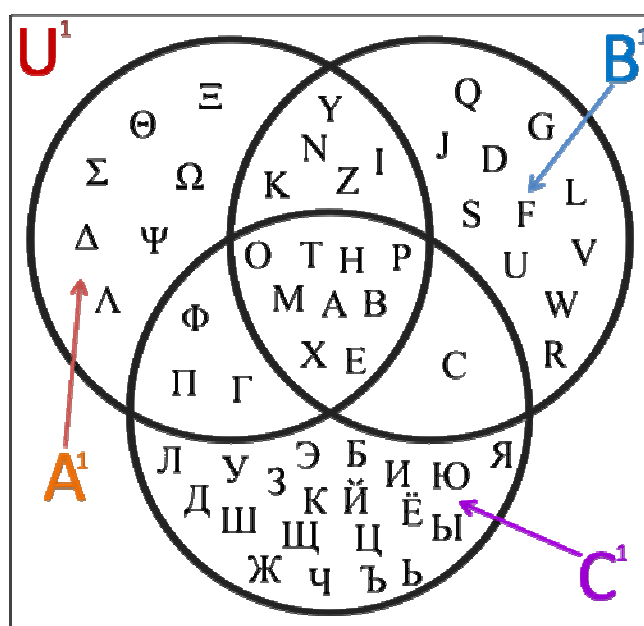


Рисунок 2. 51 – Иллюстрация операции пересечения множеств диаграммой Эйлера-Вена

Пересечение данных алфавитов формально можно записать в следующем виде:

$$A^1 \cap B^1 = Q; B^1 \cap C^1 = W; A^1 \cap C^1 = L; A^1 \cap B^1 \cap C^1 = J;$$

где $Q = \{Y, N, K, Z, I\}$; $W = \{C\}$; $L = \{\Phi, П, Г\}$; $J = \{O, T, H, P, M, A, B, X, E\}$.

Приведем еще один пример, связанный с построением лингвистической технологии, в которой используются словарно-справочные средства. Для построения таких технологий словарно-справочные средства формально представляются методами корпусной лингвистики [24], где корпуса текста записываются на теоретико-множественном языке. Покажем на примере известного словаря Ожегова С.И. [10] структуру корпусов текста (см. рис. 2.52).

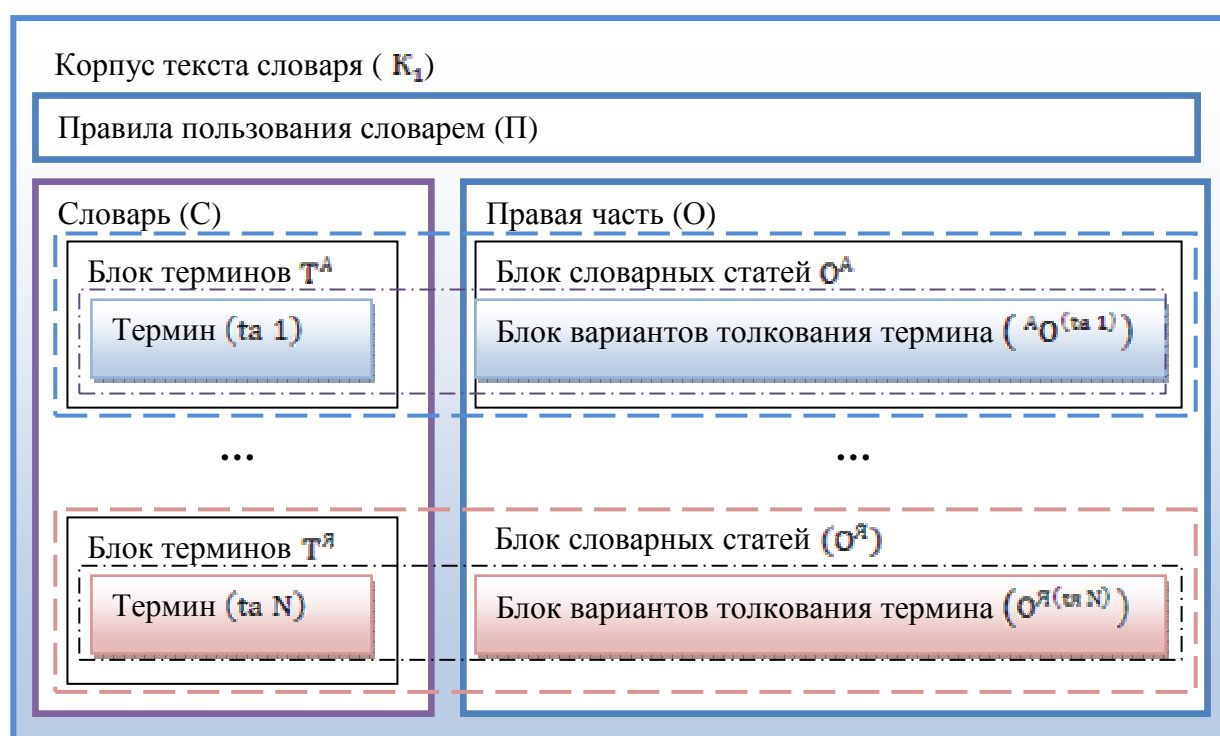


Рисунок 2.52 – Структура корпуса текстов толкового словаря
С. И. Ожегова

Из структуры словаря и рисунка 2.52 видно, что на его элементах заданы несколько видов отношений. Это отношения строгого порядка (блоки терминов и собственно термины расположены в алфавитном порядке), обозначим их символом ($>$), и включения (\subset), например, между корпусом текстов и словарем, между словарем и блоком терминов и т.д. Кроме того, между словарем (C) и правой частью словаря (O), а также их элементами существуют бинарные отношения.

Обозначим:

K_1 – корпус текстов, образующий толковый словарь;

$\Pi = \{p_i\}, i = \overline{1, n}$ – множество текстов, образующих правила пользования словарем, элементами которого могут быть список принятых сокращений (помет), характеристика употребления слов и другие;

$C = \{T^A, \dots, T^Я\}$ – левая часть словаря, представляет собой множество блоков терминов, расположенных в алфавитном порядке от А до Я;

$T^A = \{ta1, \dots, ta\alpha\}$ – блок терминов, у которого литеры начинаются с буквы А, α – количество терминов помещенных в словарь с первой литерой А, остальные блоки терминов (от Б до Я) имеют аналогичный состав;

$O = \{O^A, \dots, O^Я\}$ – правая часть словаря, которая состоит из подмножеств блоков словарных статей $O^A, \dots, O^Я$, расположенных также в алфавитном порядке;

$O^A = \{A O^{(ta1)}, \dots, A O^{ta\beta}\}$ – блок словарных статей, термины которых начинаются с литеры А, где β – количество словарных статей этого блока или кардинал подмножества O^A ;

$A O^{ta1} = \{a o^{ta1.1}, \dots, a o^{ta1.4}\}$ – подмножество вариантов толкования термина (в этом случае левый верхний индекс показывает, что в блоке словарных статей O^A словарная статья, соответствующая термину $ta1$ содержит четыре варианта толкования).

Подвергнем более детальному анализу отношения, в которых находятся элементы корпуса текстов $\{\Pi, C, O\} \subset K_1$.

Свяжем элементы корпуса текстов отношением включения

$$\begin{aligned} \{\Pi, C, O\} &\subset K_1; \{T^A, \dots, T^Я\} \subset C; \{ta1, \dots, t\alpha\} \subset T^A, \dots, \\ \{t\alpha1, \dots, t\alpha\delta\} &\subset T^Я; \\ \{O^A, \dots, O^Я\} &\subset O; \{A O^{ta1}, \dots, A O^{ta\beta}\} \subset O^A, \dots, \\ \{Я O^{t\alpha1}, \dots, Я O^{t\alpha\gamma}\} &\subset O^Я; \\ \{a o^{ta1.1}, \dots, a o^{ta1.\phi}\} &\subset A O^{ta1}, \dots, \{я o^{t\alpha1.1}, \dots, я o^{t\alpha1.\varepsilon}\} \subset Я O^{t\alpha N}. \end{aligned}$$

Отношения строгого порядка между подмножествами С и О и их элементами зададим в следующем виде:

$$T^A > T^Б > \dots > T^Я; ta1 > ta2 > \dots > t\beta1 > t\beta2 > \dots > t\alpha1 > \dots > t\alpha\delta;$$

$$O^A > O^B > \dots, O^Я;$$

$$A O^{ta 1} > \dots > A O^{ta \beta} > B O^{tb 1} > B O^{tb 2} > \dots, Я O^{т\alpha 1} > \dots > Я O^{т\alpha \gamma};$$

$$a_o^{ta 1.1} > \dots > a_o^{ta 1.\phi}; \dots; я_o^{т\alpha 1.1} > \dots > я_o^{т\alpha 1.\varepsilon}.$$

Учитывая, что между подмножествами С и О, а также их элементами существуют некоторые бинарные отношения, то можно записать следующие соответствия:

$$E \subseteq C \times O; H^A \subseteq T^A \times O^A, \dots, H^Я \subseteq T^Я \times O^Я;$$

$$G^A \subseteq ta 1 \times A O^{ta 1}, \dots, G^Я \subseteq т\alpha \delta \times Я O^{т\alpha \delta},$$

где $(C, O) \in E$ – множество пар, в данном случае одна (словарь и правая часть словаря), $(T^A, O^A) \in H^A, \dots, (T^Я, O^Я) \in H^Я$ – множество пар блоков терминов и их словарных статей, $(ta 1, A O^{ta 1}) \in G^A, \dots, (т\alpha \delta, Я O^{т\alpha \delta}) \in G^Я$ – множество пар терминов и блоков вариантов их толкования.

В случае, когда одному термину соответствует несколько толкований, можно записать, например, для термина, начинающегося с литеры А,

$$D^A \subseteq ta 1 \times (a_o^{ta 1.1}, \dots, a_o^{ta 1.\phi}),$$

где множество пар $(ta 1, a_o^{ta 1.1}) \in D^A, \dots, (ta 1, a_o^{ta 1.\phi}) \in D^A$ термина и его толкований.

В обобщенном виде, отождествляя корпус текстов с моделью общенаучного словаря $K_1 \equiv M^{об}$ и не учитывая соответствие термину нескольких определений, запишем

$$M^{об} = \langle \Pi, T^A, \dots, T^Я, O^A, \dots, O^Я, ta 1, \dots, т\alpha \delta, O^{ta 1}, \dots, O^{т\alpha \delta}, \subset, \subsetneq \rangle.$$

2.7.6 Примеры использования методов метаматематики для описания пространственных отношений в геоинформационных системах

Из курса «Базы данных» известно, что в основе построения баз данных лежит реляционная алгебра (алгебра отношений), отдельные положения которой рассматривались в п.п. 2.7.2. Кроме того, выше было указано, что для описания сложных социально-технических и географически распределенных систем недостаточно математической «мощности» одной

только реляционной алгебры. При разработке математического обеспечения в сложных геоинформационных системах кроме реляционной алгебры используют и топологические алгебры в виде некоторых логических конструкций теории категорий и функторов (см. п.п. 2.7.4). Покажем фрагментарно на отдельных примерах математическую интерпретацию формирования и манипулирования географическими данными, которые хранятся в специально организованных базах геоданных. Особенностью построения базы геоданных является ее послойное представление, как это показано на рисунке 2.53.

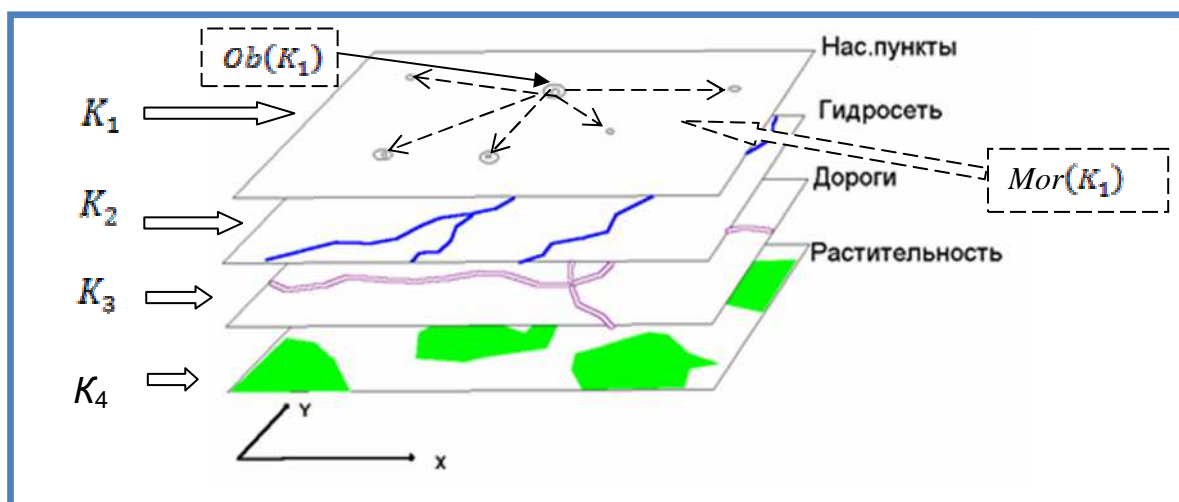


Рисунок 2.53 – Интерпретация послойного представления информации в базе геоданных языком теории категорий

Под тематическим слоем будем понимать совокупность пространственных объектов, относящихся к одной теме (классу объектов) в пределах некоторой территории и в системе координат, общих для набора слоев.

По сути, каждый тематический слой на языке теории категорий можно интерпретировать как некоторую категорию объектов, например, населенных пунктов, административных районов и областей. Обозначим $Ob(K_1)$ – класс объектов, состоящий из 5 объектов, которые связаны между собой конусом морфизмов $Mor(K_1)$, обозначенных на рисунке 2.53 пунктирными стрелками. Данные формализмы можно интерпретировать следующим образом. На карте отражено 6 населенных пунктов, один из которых является областным центром. Между этими населенными пунктами имеются различного рода отношения (морфизмы), которые имеют различную природу.

Например, такими отношениями могут быть административные, правовые, финансовые, образовательные, научные, культурные, спортивные и другие связи и отношения. С высоким уровнем обобщения они представлены конусом морфизмов $Mor(K_1)$, т.е., как показано на рисунке 2.53 шестью пунктирными стрелками.

Каждому объекту категории K_1 соответствует некоторая таблица атрибутов, которая характеризует данный объект (населенный пункт). Например, для города Харьков могут быть указаны данные, представленные в таблице 2.4.

Таблица 2.4.

Фрагмент таблицы с атрибутами объекта и их значениями

Атрибуты	Значение атрибутов
Страна	Украина
Область	Харьковская
Внутреннее деление	9 районов
Основан	1630 г.
Площадь	350 км ²
Количество вузов	69 из них 17 университетов
...	...
Население	1 451 522 человек

Интерпретацию композиции объектов в рассматриваемой категории K_1 покажем на примере предъявления требований (директив) администрацией областного центра некоторым организациям. Многие директивные документы администрации областного центра содержат информацию, которую можно интерпретировать как установление соответствия двух и больше объектов третьему (суть композиции). Например, в директивном документе содержатся требования провести культурное мероприятие нескольких организаций на базе, какой-либо одной организации. Также можно интерпретировать композицию элементов $Ob(K_1)$ в спортивной, образовательной, научной сферах и т.д.

Покажем математическую интерпретацию такого явления как изменение масштаба на электронной карте языком теории категорий

(см. рис. 2.54). Выше были приведены определения таких понятий как «конус морфизмов» и «кокonus морфизмов».

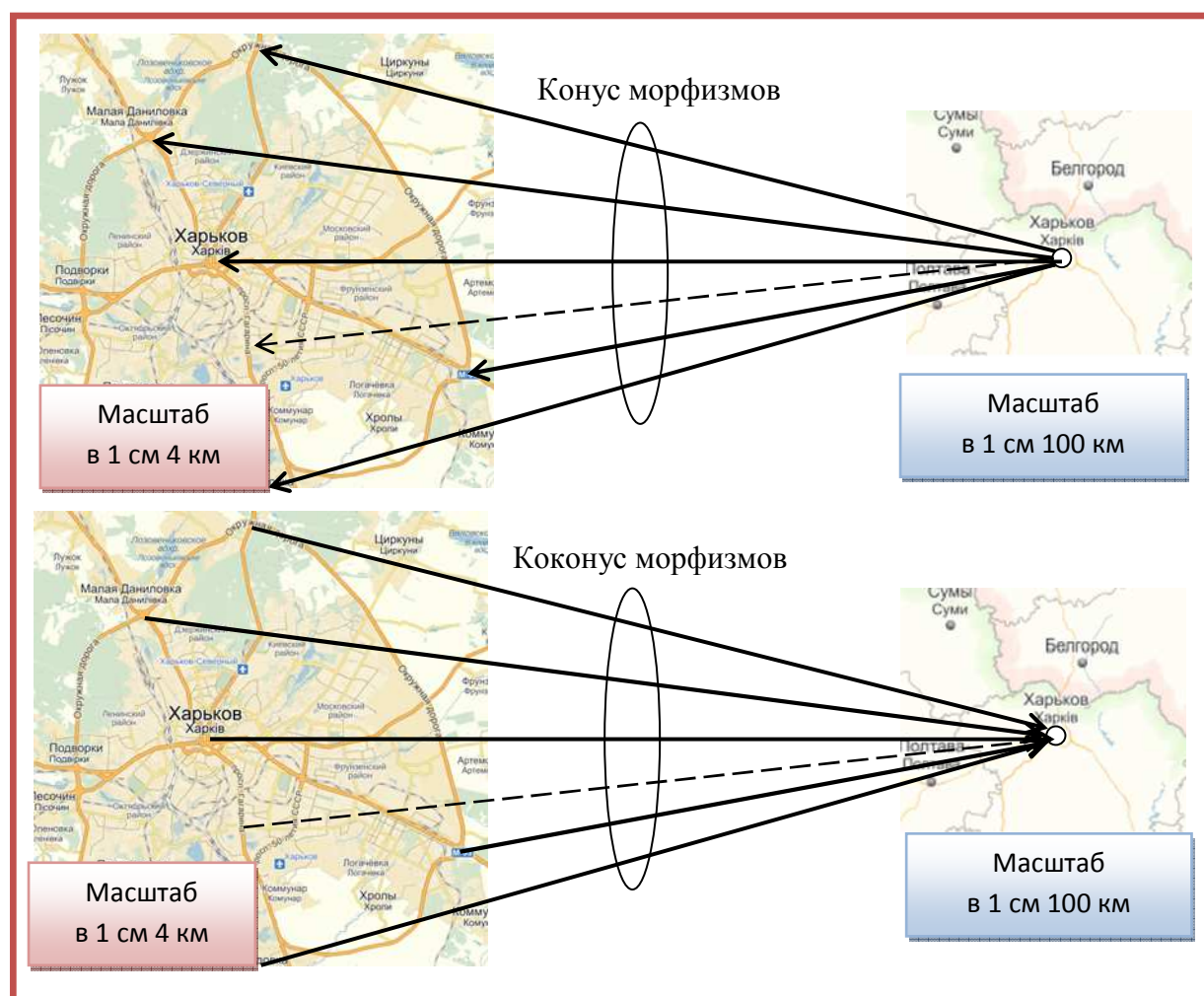


Рисунок 2.54 – Иллюстрация сути понятий «конус морфизмов» и «кокonus морфизмов» при изменении масштаба карты

На рисунке 2.54 показано, что при укрупнении масштаба карты рассматриваемый объект (г. Харьков) детализируется, и тем самым увеличивается количество отображаемых элементов объекта по отношению к единственной вершине конуса, отображаемого в предыдущем масштабе, и наоборот. Другими словами, изменение масштаба в электронной карте можно интерпретировать как некоторые преобразования конуса в кокonus морфизмов, а также изменение его количественных характеристик.

Покажем математическую интерпретацию функтора, т.е. семейства отображений (может быть и в виде конусов) между объектами разных ка-

тегорий на примере многослойной организации пространственной информации (см. рис. 2.55).

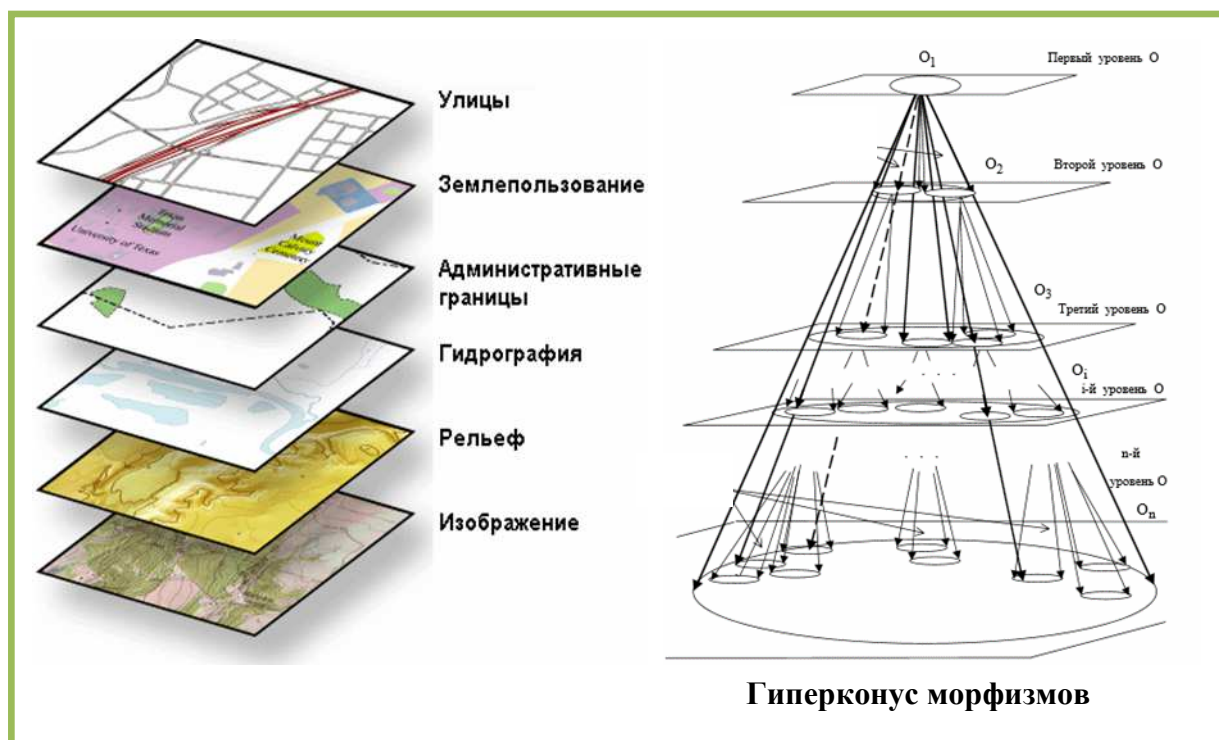


Рисунок 2.55 – Интерпретация многослойной пространственной информации на языке теории категорий и функторов

На рисунке 2.55 показано, что информация итогового слоя, т.е. интегральная информация формируется за счет информации об объектах других категорий $Ob(K_i), i = \overline{1, n}$ других слоев. Именно правила формирования интегрального слоя называют ковариантным функтором F , который создает некоторую композицию заданных объектов. Двойственным образом определяется и контравариантный функтор F^{-1} . Контравариантному функтору в технологии построения геоинформационных систем соответствует процедура инкапсуляции, т.е. процесс отделения объектов друг от друга.

В работе [15] введено понятие Гиперконуса морфизмов (см. рис. 2.55) и на примере образовательной системы показаны особенности его формирования.

Еще одним примером интерпретации на языке теории категорий послойного представления информации является изотонность отображения,

т.е. отображение с одного слоя (категории) на другой слой, соблюдая порядок отображаемых элементов (точек, линий, полигонов). Порядок отображения элементов обеспечивается привязкой объектов к некоторой системе координат или реперным точкам, как это показано на рисунке 2.53.

Важным понятием в теории категорий является понятие «коммутативная диаграмма», которая представляет собой некоторую структуру в виде ориентированного графа, вершины которого являются объектами категории $Ob(K)$, а ребра – морфизмы (могут быть внутри функтора). Такое представление дает возможность наглядно показать реализацию сложных отношений внутри функторов и в целом Гиперконуса морфизмов.

Таким образом, на примерах отдельных формализмов, составляющих основу математического обеспечения геоинформационных систем, а именно методов теории категорий и функторов, показаны возможности использования метаматематики для описания сложных процессов и явлений, протекающих в пространстве и времени.

Подробное изложение топологических алгебр, методов теории категорий и функторов, а также методов построения геореляционных баз данных выходят за рамки настоящего пособия и рассматриваются в специальной литературе [26-28].

2.8 Методы оценивания сложных систем

В виду многообразия классов сложных систем и их свойств (см. п.п. 1.4, 1.5), существует большое количество методов их оценивания. Они условно подразделяются на два больших класса. К первому классу отнесем методы, которые позволяют получить точные количественные оценки характеристик и параметров, как элементов сложных систем, так и оценить эффективность сложной системы в целом. Ко второму классу будем относить методы качественного оценивания сложных систем. Как правило, ко второму классу относятся экспертные методы оценивания сложных систем.

Для количественного оценивания параметров, характеристик или свойств отдельных элементов сложной системы в их многообразии необходимо рассмотреть шкалы, по которым производятся измерения.

В теории измерений понятие шкалы определяется как тройка $\langle ЭСО, ЧСО, f \rangle$, где ЭСО – эмпирическая система с отношениями,

ЧСО – числовая система с отношениями, f – некоторая функция, которая гомоморфно отображает ЭСО в ЧСО. В теории измерений различают несколько видов шкал.

Шкала наименований (номинальная шкала). По сути, эта шкала позволяет классифицировать объекты на некоторые множества, элементы которых имеют свойства равенства или различия.

Шкала порядка (ранговая шкала). Между элементами некоторого множества, которые подвергаются измерению, устанавливается отношение порядка, например, рейтинг между студентами.

Интервальная шкала. Это шкала равных единиц. Построение и использование интервальной шкалы возможно, если установлен критерий, который позволяет измерить интервалы между исследуемыми объектами в состоянии изучаемых свойств, т.е. установить, на сколько единиц один объект отличается от другого.

Шкала отношений. Для этой шкалы является характерным то, что она дает возможность определять не только, на сколько один объект отличается от другого, но и во сколько раз имеет место это отличие. Интервальную шкалу можно превратить в шкалу отношений, если строго зафиксировать начало отсчета. Для шкалы отношений применимы все понятия и методы математической статистики.

Нечеткая знаково-числовая шкала. Шкалы порядка просты и доступны, однако малоинформативны. Многие преподаватели при оценивании знаний, умений и навыков обучаемых «усиливают» порядковую шкалу добавлением к числам знаки «+» и «–», тем самым, изменяя шкалу оценивания на более совершенную.

Исследуем этот феномен. Добавим к каждому числу балльной шкалы слева два знака –, а справа два знака +, тогда получим новую, знаково-числовую систему с отношениями (ЗЧСО)

$$-- 1 ++, -- 2 ++, -- 3 ++, -- 4 ++, -- 5 ++.$$

Знаки в такой системе соответствуют качественным оценкам, а числа – количественным.

Общая характеристика экспертных методов

Большое значение при экспертном оценивании придается методам организации и проведения экспертиз.

Наиболее простые методы: ранжирование, парные сравнения, множественные сравнения, непосредственная оценка, метод комиссий, метод суда, метод мозговой атаки.

Ранжирование. Метод представляет собой процедуру упорядочения объектов, выполняемую экспертом. На основе знаний опыта эксперт располагает объекты в порядке предпочтения, руководствуясь одним или несколькими выбранными показателями сравнения. В зависимости от вида отношений между объектами возможны различные варианты упорядочения объектов.

В практике ранжирования чаще всего применяется число, представление последовательности в виде натуральных чисел: $x_1 = \varphi(a_1) = 1, x_2 = \varphi(a_2) = 2, \dots, x_n = \varphi(a_n) = N$, т.е. используется числовая последовательность.

Парное сравнение. Этот метод представляет собой процедуру установления предпочтения объектов при сравнении всех возможных пар. В отличие от ранжирования, в котором осуществляется упорядочение всех объектов, парное сравнение объектов является более простой задачей.

В результате сравнения пары объектов a_i, a_j эксперт упорядочивает ее, высказывая либо $a_i \succ a_j$, либо $a_i \prec a_j$, либо $a_i \sim a_j$, где знак « \succ » обозначает отношение предпочтения. Выбор числового представления $\varphi(a_i)$ можно произвести так: если $a_i \succ a_j$, то $\varphi(a_i) \succ \varphi(a_j)$, если предпочтение в паре обратное, то знак неравенства заменяется на обратный, т.е. $\varphi(a_i) \prec \varphi(a_j)$. Если объекты эквивалентны, то можно считать, что $\varphi(a_i) = \varphi(a_j)$. Формально метод парных сравнений можно записать так:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } a_i \succ a_j \text{ или } a_i \sim a_j; \\ 0, & \text{если } a_j \prec a_i, i, j = \overline{1, N}. \end{cases}$$

$$x_{ij} = \begin{cases} 2, & \text{если } a_i \succ a_j; \\ 1, & \text{если } a_i \sim a_j; \\ 0, & \text{если } a_i \prec a_j, i, j = \overline{1, N}. \end{cases}$$

$$x_{ij} = \begin{cases} +1, & \text{если } a_i \succ a_j; \\ 0, & \text{если } a_i \sim a_j; \\ -1, & \text{если } a_i \prec a_j, i, j = \overline{1, N}. \end{cases}$$

Множественные сравнения. Они отличаются от парных тем, что экспертам последовательно предъявляются не пары, а тройки, четверки, n -ки ($n < N$) объектов. Эксперт их упорядочивает по важности или разбивает на классы в зависимости от целей экспертизы. Множественные сравнения занимают промежуточное положение между парными сравнениями и ранжированием.

Непосредственная оценка. Метод заключается в присваивании объектам числовых значений в шкале интервалов. Эксперту необходимо поставить в соответствие каждому объекту точку на определенном отрезке числовой оси. При этом необходимо, чтобы эквивалентным объектам присписывались одинаковые числа.

Метод комиссий состоит в открытой дискуссии по обсуждаемой проблеме для выработки единого мнения экспертов. Коллективное мнение определяется в результате открытого или тайного голосования. В некоторых случаях к голосованию не прибегают, выявляя результирующее мнение в процессе дискуссии. Преимущества метода комиссий: возможен рост информированности экспертов, поскольку при обсуждении эксперты приводят обоснование своих оценок, и обратная связь – под воздействием полученной информации эксперт может изменить первоначальную точку зрения.

Недостатки метода комиссий. К их числу отнесем отсутствие анонимности. Оно может приводить к достаточно сильным проявлениям конформизма со стороны экспертов, присоединяющих свои мнения к мнению более компетентных и авторитетных экспертов даже при наличии противоположной собственной точки зрения. Дискуссия часто сводится к полемике наиболее авторитетных экспертов. Существенным фактором становится и различная активность экспертов, не всегда коррелированная с их компетентностью. Кроме того, публичность высказываний может приводить к нежеланию некоторых экспертов отказываться от ранее высказанного мнения, даже если оно в процессе дискуссии претерпело изменения.

Экспертиза по методу суда использует аналогии с судебным процессом. Часть экспертов объявляются сторонниками рассматриваемой альтернативы. Часть экспертов объявляются ее противниками, и пытаются выявить отрицательные стороны. Часть экспертов регулируют ход экспертизы и выносят окончательное решение. В процессе экспертизы по методу

суда «функции» экспертов могут меняться. Метод суда обладает теми же преимуществами и недостатками, что и метод комиссий.

Метод мозговой атаки. Основная его направленность – выявление новых идей. Для этой цели организаторы экспертизы должны создать атмосферу, наиболее благоприятствующую генерированию идей, атмосферу благожелательности, поддержки, освобождающую эксперта от излишней скованности. Обсуждаемая проблема должна быть четко сформулирована. Любая высказываемая экспертами идея должна быть обсуждена и не может объявляться ложной даже при ее почти очевидной бесперспективности. Автором данного метода является журналист из США А. Осборн, который исследовал творческую деятельность человека.

В методе мозговой атаки существенная роль принадлежит руководителю, проводящему экспертизу. Руководитель знает о конечной цели экспертизы, направляя дискуссию в соответствующее русло. Отметим, что если руководитель стремится выделить лишь перспективные с его точки зрения идеи, результат экспертизы оказывается менее значительным. Примером использования метода мозговой атаки может служить популярная телевизионная игра «Что, где, когда?».

Метод Делфи. Разработан корпорацией RAND. Авторами метода считаются Олаф Хелмер, Норман Долки и Николас Решер. Название метода заимствовано от Дельфийского Оракула. Он является одним из основных методов проведения экспертиз. В настоящее время представляет по существу группу методов, объединенных общими требованиями к организации экспертных процедур и форме получения экспертных оценок.

В методе Делфи предусматривается создание условий, обеспечивающих наиболее продуктивную работу экспертной комиссии. Это достигается анонимностью процедуры с одной стороны и возможностью пополнять информацию о предмете экспертизы, с другой стороны. Сочетание этих двух факторов во многом определяют метод Делфи. Еще одно важное свойство – обратная связь, позволяющая экспертам корректировать свои суждения с учетом промежуточных усредненных оценок и пояснений экспертов, высказавших «крайние» точки зрения. Для реализации обратной связи необходима много туровая процедура. Экспертиза по методу Делфи, как правило, проходит в 4 тура.

На первом туре экспертам сообщается цель экспертизы, и формулируются вопросы, ответы на которые составляют основное содержание экс-

пертизы. Вопросы предъявляются каждому эксперту персонально в виде анкеты, иногда сопровождаемой пояснительной запиской. Если предъявляемые экспертам вопросы достаточно сложные, целесообразна предварительная разработка приближенной модели исследуемой системы, чтобы правильно ориентировать экспертов, конкретизировать цели и предмет экспертной процедуры, показать характер возможных ответов.

Успеху экспертизы способствует предоставление эксперту дополнительной информации о предмете экспертизы. Информация, полученная от эксперта, поступает в распоряжение аналитической группы, обеспечивающей организацию, проведение, обработку промежуточных и окончательных результатов экспертизы.

Аналитическая группа определяет экспертов, высказавших «крайние» точки зрения оцениваемой альтернативы, выше и ниже которых расположены 25% численных значений оценок. Расстояние между квартилями характеризует разброс экспертных оценок, их среднеквадратическое отклонение и тем самым характеризует согласованность точек зрения экспертов.

На втором туре делфийской процедуры экспертам предъявляются усредненная оценка экспертной комиссии и обоснования экспертов, высказавших «крайние» точки зрения. Обоснования предъявляются анонимно, без указания давших их экспертов. После получения дополнительной информации эксперты, как правило, корректируют свои оценки. Скорректированная информация вновь поступает в аналитическую группу. Третий и четвертый туры не отличаются от второго. Характерной особенностью метода Делфи является уменьшающийся от тура к туру разброс оценок экспертов, их возрастающая согласованность. Однако иногда наблюдается поляризация различных точек зрения, что может объясняться наличием среди экспертов представителей различных научных школ, специалистов различных профилей. Полезность делфийских процедур в этом случае состоит в выяснении точек зрения групп экспертов.

В некоторых случаях согласованная точка зрения экспертов может быть получена уже после второго или третьего туров. Тогда необходимость проведения последующих туров отпадает.

Таким образом, анонимность суждений, обоснование точек зрения экспертов, давших крайние оценки, обратная связь, реализуемая с помощью многотуровой процедуры – основные особенности метода Делфи.

Кроме рассмотренных методов существуют множество других методов экспертиз. Например, метод решающих матриц (Г. С. Поспелов 1966 г.). Метод прогнозного графа (В. М. Глушков), которые разрабатывались для оценивания перспективных направлений научных исследований.

Метод Черчмена-Акоффа (последовательное сравнение). Данный метод предполагает последовательную корректировку оценок, указанных экспертами. Основные предположения, на которых основан метод, состоят в следующем:

1) каждой альтернативе a_i ставится в соответствие вещественное неотрицательное число $\varphi(a_i)$;

2) если альтернатива a_i предпочтительнее альтернативы a_j , то $\varphi(a_i) > \varphi(a_j)$; если же альтернативы a_i и a_j равноценны, то $\varphi(a_i) = \varphi(a_j)$;

3) если $\varphi(a_i)$ и $\varphi(a_j)$ - оценки альтернатив a_i и a_j , то $\varphi(a_i) + \varphi(a_j)$ соответствует совместному осуществлению альтернатив a_i и a_j .

Наиболее сильным является последнее предположение об аддитивности оценок альтернатив.

Согласно методу Черчмена-Акоффа альтернативы ранжируются по предпочтительности. Пусть для удобства изложения альтернатива a_1 наиболее предпочтительна, за ней следует a_2 и т.д. Эксперт указывает предварительные численные оценки $\varphi(a_i)$ для каждой из альтернатив. Иногда наиболее предпочтительной альтернативе приписывается оценка 1, остальные оценки располагаются между 0 и 1 в соответствии с их предпочтительностью. Затем эксперт производит сравнение альтернативы a_1 и суммы альтернатив a_2, \dots, a_N . Если a_1 предпочтительнее, то эксперт корректирует оценки так, чтобы $\varphi(a_1) > \sum_{i=2}^N \varphi(a_i)$. В противном случае должно выполняться неравенство $\varphi(a_1) \leq \sum_{i=2}^N \varphi(a_i)$.

Если альтернатива a_1 оказывается менее предпочтительной, то для уточнения оценок она сравнивается по предпочтению с суммой альтернатив a_2, a_3, \dots, a_{N-1} . После того как альтернатива a_1 оказывается предпочтительнее суммы альтернатив a_2, \dots, a_k ($k \geq 2$), она исключается из рассмотрения, а вместо оценки альтернативы a_1 рассматривается и корректируется оценка альтернативы a_2 . Процесс продолжается до тех пор, пока откорректированными не окажутся оценки всех альтернатив.

При достаточно большом N применение метода Черчмена-Акоффа становится слишком трудоемким. В этом случае целесообразно разбить

альтернативы на группы, а одну из альтернатив, например, максимальную, включить во все группы. Это позволяет получить численные оценки всех альтернатив с помощью оценивания внутри каждой группы.

Оценка достоверности и точности экспертных методов

Для повышения достоверности и точности экспертного оценивания должны быть отобраны компетентные эксперты, хорошо знакомые с предметом экспертизы, обладающие достаточным опытом, способные выносить обоснованные объективные суждения. Оценка качества эксперта представляет собой достаточно сложную и многогранную проблему.

Основными методами оценки качества экспертизы являются документационный метод, метод тестирования, методы взаимооценки и самооценки, метод оценки непротиворечивости суждений эксперта и др.

Документационный метод предполагает оценку качества эксперта на основании таких документальных данных, как число публикаций и ссылок на работы эксперта, ученая степень, стаж, занимаемая должность и др.

Тестовый метод предполагает отбор экспертов на основании решения ими тестовых задач, в которых отражена специфика предмета экспертизы. В качестве теста могут рассматриваться результаты участия в аналогичных экспертизах.

Достаточно часто используется метод **взаимооценки и самооценки** экспертов. Взаимооценка осуществляется, как правило, двумя способами. В первом из них каждый предполагаемый член экспертной комиссии оценивает компетентность, объективность и т.д. других предполагаемых экспертов. Во втором – оценку качества предполагаемых экспертов осуществляет аналитическая группа, которой поручена организация и проведение экспертизы. При самооценке определение степени знакомства с предметом экспертизы, компетентности и т.д. в достаточно детализированном виде осуществляется самим экспертом. Взаимооценка и самооценка экспертов может носить как качественный, так и количественный характер.

Метод оценки **непротиворечивости суждений эксперта**. Опыт проведения экспертиз показывает, что эксперт далеко не всегда последователен в своих оценках. Особенно часто непоследовательность экспертов проявляется при использовании метода парных сравнений. Так, например, эксперт может считать альтернативу a_i более предпочтительной, чем a_j .

(a_i, a_j) , альтернативу a_j - более предпочтительней, чем $a_i (a_j, a_i)$ и вместе с тем альтернативу a_i - более предпочтительней, чем $a_i(a_i, a_i)$. При разбиении альтернатив на классы эксперт может считать принадлежащими одному классу пары альтернатив a_i и $a_j (a_i \sim a_j)$, a_j и $a_i (a_j \sim a_i)$ и в то же время не считать принадлежащими одному классу альтернативы a_i и $a_i (a_i, a_i)$.

Такая непоследовательность объясняется различными причинами. С одной стороны, решающее влияние может оказывать специфика проводимой экспертизы, наличие сложной многокритериальной системы предпочтений у эксперта или многокритериального принципа разбиения альтернатив на классы. С другой стороны, непоследовательности эксперта может служить недостаточное его знакомство с предметом экспертизы, недостаточно четкая формулировка вопросов, обращенных к эксперту, отсутствие четкого представления о цели экспертизы. Выявить конкретные причины непоследовательности эксперта может лишь специально проведенный анализ.

Непротиворечивость суждений эксперта определяется соответствующим коэффициентом и вычисляется по формуле $\eta = 1 - \gamma/\gamma_{max}$, где γ – число высказанных экспертом непротиворечивых суждений, γ_{max} – число противоречивых суждений при парных сравнениях всех рассматриваемых альтернатив.

Результат парных сравнений можно представить в виде матрицы $\|a_{ij}\|$ с элементами $a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } a_i > a_j, \\ 0 & \text{– в противном случае.} \end{cases}$

Способы определения значений γ и γ_{max} хорошо известны. γ_{max} определяется числом альтернатив, подлежащих сравнению:

$$\gamma_{max} = \begin{cases} \frac{n(n^2 - 1)}{24}, & \text{если } n - \text{нечетно,} \\ \frac{n(n^2 - 4)}{24}, & \text{если } n - \text{четно.} \end{cases}$$

Для определения значения γ необходимо вычислить так называемые строчные суммы $S_i = \sum_{j=1}^n a_{ij}$. Зная число альтернатив, подлежащих срав-

нению, и строчные суммы $S_i, i \in \{1, \dots, n\}$, можно рассчитать $\gamma = C_n^3 - \sum_{i=1}^n C_{S_i}^2$ или иначе $\gamma = \frac{1}{6}n(n-1)(n-2) - \frac{1}{2}\sum_{i=1}^n S_i(S_i-1)$.

Одной из основных процедур проведения экспертизы является процедура согласования мнений членов экспертной комиссии. Согласованность экспертов оценивается с помощью коэффициентов ранговой корреляции и конкордации.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Кто стоял у истоков создания теории систем?
2. Назовите основные свойства сложных систем?
3. Как вы понимаете термин «Система»? Приведите примеры систем и дайте им характеристику.
4. Сложные и простые системы. Назовите их отличительные черты и особенности.
5. Свойства сложных систем и их особенности. Приведите примеры отдельных свойств сложных систем.
6. Назовите свойства системы «высшая школа Украины».
7. Назовите основные признаки по которым классифицируются сложные системы.
8. Как соотносятся между собой реальные и абстрактные системы.
9. Назовите классы информационных систем. Приведите примеры.
10. Интеллектуальные информационные системы и их особенности.
11. Какой вы знаете инструментарий для исследования сложных систем? *
12. Приведите примеры математических инструментальных средств для оценивания сложных систем и результатов их функционирования. *
13. Какой математический аппарат можно использовать при описании функционирования системы ГЛОНАС? Сформулируйте уточняющие вопросы и ответьте на них. *
14. Каким законам подчиняются процессы и явления, возникающие в связях (цепях) электрических систем. Приведите примеры. *

15. Назовите особенности кибернетических систем. Приведите примеры кибернетических систем и поставьте им в соответствие методы и модели, описывающие процессы их функционирования. *
16. На теоретико-множественном языке покажите отношения, сложившиеся в вашей учебной группе.
17. Какие виды шкал вы знаете. Приведите примеры использования шкал при измерении физических величин?
18. Какие из изученных экспертных методов больше всего подходят для оценивания ваших знаний на лабораторных занятиях, зачетах, экзаменах и Государственном экзамене?
19. Какие виды порядка вы знаете? Чем отличается строгий порядок от упорядочения? Приведите примеры.
20. Чем отличается логика высказываний от логики предикатов? Приведите примеры формальных записей на языках этих логик.

Вопросы повышенной сложности помечены звездочкой (*). Ответы на них требуют дополнительной информации, которую можно найти в справочной литературе или в Интернете.

3 СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОЗНАНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

*Противоречие, есть критерий истины,
отсутствие противоречия – критерий заблуждения»*

Гегель

3.1 Проблемная ситуация как абстрактная система

С целью мотивации студентов к научно-исследовательской деятельности подчеркнем исторический факт создания студентом Кембриджа Исааком Ньютоном списка нерешенных проблем в природе и человеческом обществе, который состоял из 45 позиций (1664 г.), и, как свидетельствуют записи в его рабочих тетрадах, этот список постоянно корректировался на протяжении всей жизни ученого.

В предыдущем разделе показано многообразие систем, классы которых могут между собой взаимодействовать и оказывать различного рода влияние на системы, подсистемы и элементы друг друга. Исследования объектов, явлений и процессов, в них протекающих, являются наукоемкими сложными процессами. Для того чтобы очертить границы исследования, говорят о проблемосодержащей среде.

В энциклопедических изданиях [7, 18] приводится следующее определение термину «проблема».

Проблема – в широком смысле сложный теоретический или практический вопрос, требующий изучения, разрешения; в науке – противоречивая ситуация, выступающая в виде противоположных позиций в объяснении каких-либо явлений, объектов, процессов и требующая адекватной теории для ее разрешения.

На ноосферном (глобальном) уровне существует следующая классификация проблем:

- проблемы, имеющие «универсальный» характер;
- проблемы природно-экономического характера;
- проблемы социального характера;
- проблемы смешанного характера.

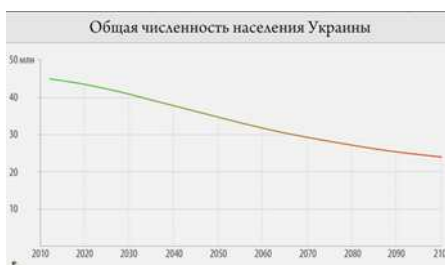
К основным глобальным проблемам относят: экологическую {25}, демографическую {26}, продовольственную {27}, мира и разоружения, энергетическую и сырьевую, здоровья людей, использования Мирового океана, освоения Космоса, а также проблему образования и обучения. Для

наглядности существующих в настоящее время глобальных проблем представим первые три из перечисленных видеорядами.

Результаты экологических катастроф {25}



Результаты демографических кризисов {26}



Результаты продовольственного кризиса {27}



Из определения термина «проблема» следует, что проблемосодержащей средой можно называть предметную область, отражающую некоторую совокупность сложных систем, в которой развиваются противоречивые ситуации.

Противоречие – отношение двух суждений, каждое из которых является отрицанием другого. Еще философы Кант (1724-1804 г.г.) и Гегель (1770-1831 г.г.) [18] считали противоречие основной причиной реального мышления (познания), а их устранение или смягчение как движущий принцип всякого развития.

Различают *проблемы развития* – неудовлетворительное состояние системы, изменение которого к лучшему является непростым процессом, а также *проблемы функционирования* – сохранение удовлетворительного состояния системы, которое требует постоянных и значительных ресурсов. Частные проблемы развития и функционирования систем во взаимосвязи друг с другом могут образовывать комплексную проблему.

На рисунке 3.1 иллюстрируется модель проблемной ситуации, которая возникает в некоторой гипотетической проблемосодержащей среде. Здесь объемными стрелками условно показано, что актуальность проблемной ситуации зависит от соотношения позитивных и негативных сторон исследуемых объектов, процессов или явлений. Под проблемной ситуацией будем понимать ситуацию содержащую противоречие, которое не имеет однозначного его разрешения.

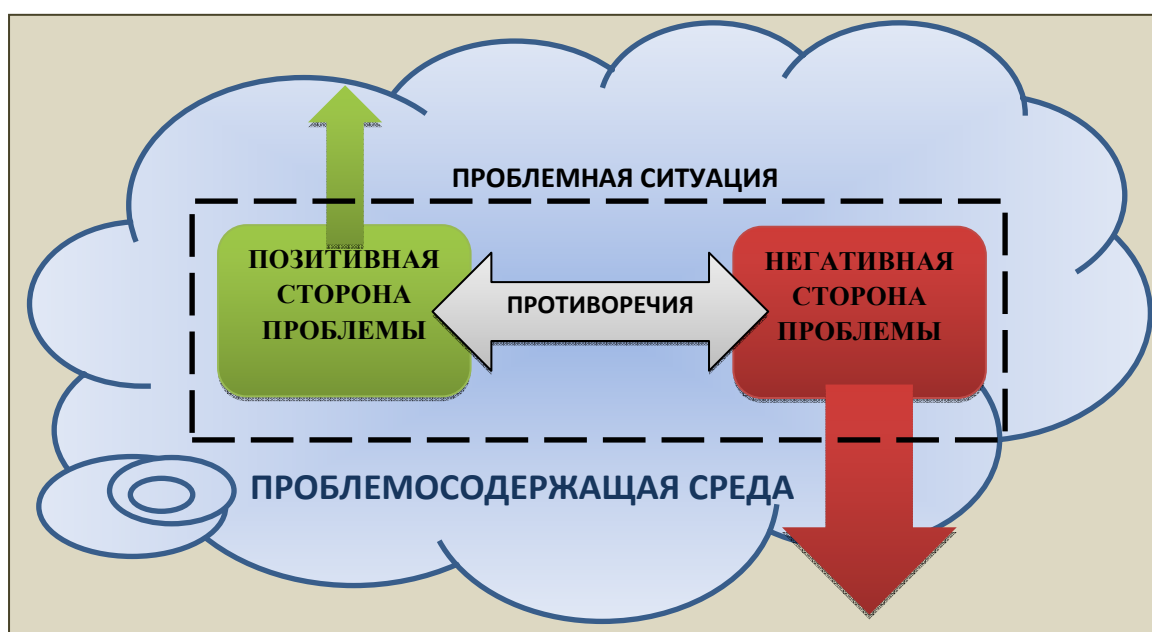


Рисунок 3.1 – Обобщенная модель проблемной ситуации

При выявлении проблемных ситуаций в качестве позитивных и негативных сторон могут быть использованы современные требования к конкретным системам и реально действующие на них факторы.

В качестве примера приведем проблемную ситуацию, сложившуюся в системе высшего образования Украины (см. рис. 3.2). Как правило, после выделения противоположных сторон в проблемной ситуации и анализа их противоречий формулируются проблемные задачи. Эффективное решение

этих задач ослабляет противоречия, и проблема становится менее актуальной. Из приведенного примера видно, что основными внутренними факторами, обуславливающими проблемную ситуацию, являются факторы управления на разных уровнях иерархии системы высшего образования, а также внешний фактор – стремительное развитие информационно-коммуникационных технологий.

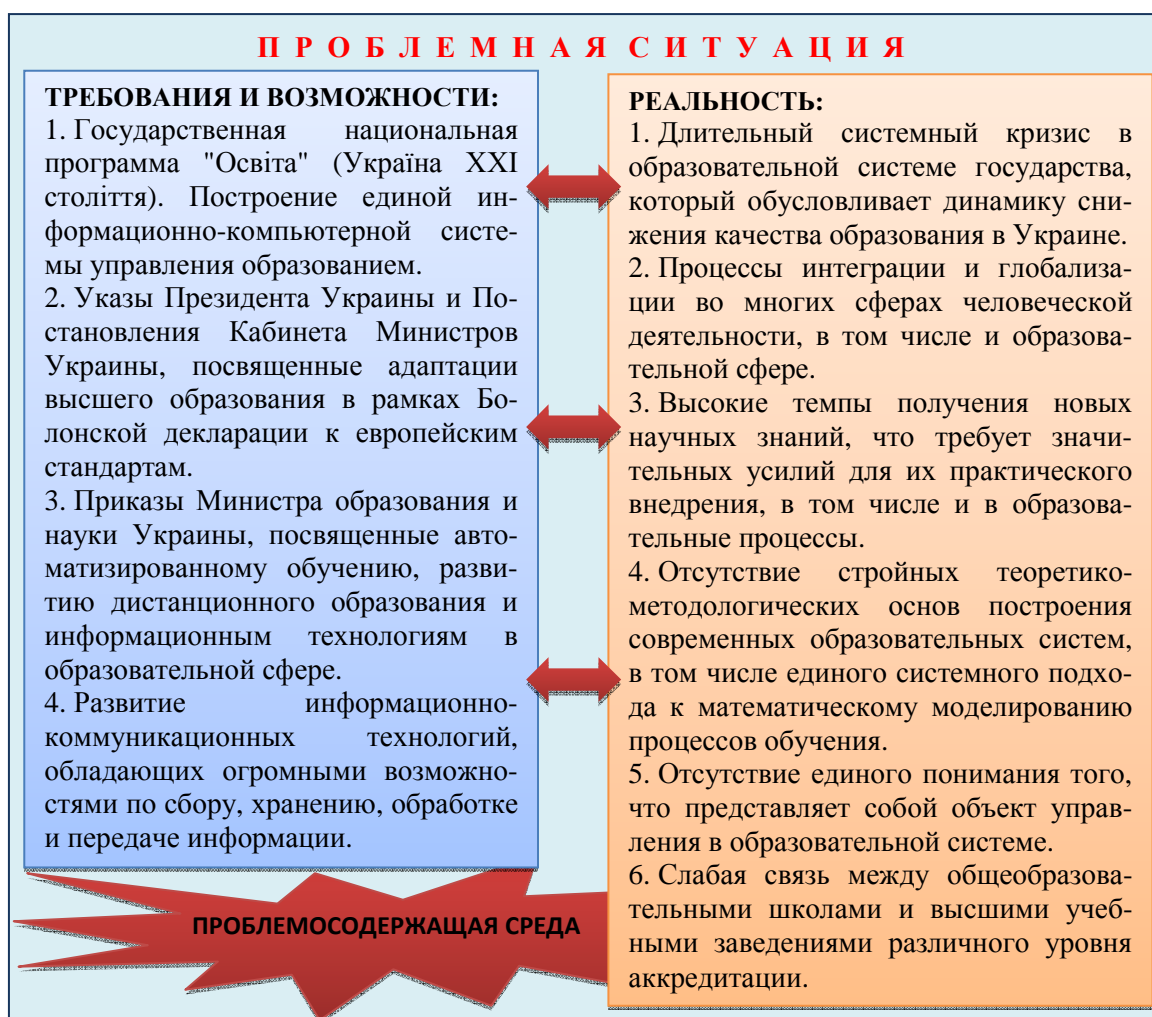


Рисунок 3.2 – Пример проблемной ситуации, сложившейся в системе «высшая школа Украины»

Для приведенного примера выделим ряд проблемных задач.

1. Анализ методологической парадигмы развития образовательной системы Украины и научное обобщение результатов использования методов искусственного интеллекта в образовании.

2. Разработка теории образовательных систем и совершенствование методологических основ использования в образовании IT-технологий.

3. Разработка унифицированных средств поддержки образовательных процессов в ВУЗах с возможностью использования их баз знаний выпускниками общеобразовательных школ, а также гражданами, желающими получить последипломное образование.

4. Разработка методик и технологий использования интеллектуальных средств в ВУЗах различного уровня аккредитации, обеспечивающих повышение эффективности образовательных процессов и учебных заведений в целом.

5. Разработка интеллектуальных средств и технологий управления и администрирования ОС Украины с использованием IT-технологий, обеспечивающих сбор, хранение, сравнительный анализ аккредитационных параметров ВУЗов, осуществление независимого тестирования школьников, а также выработку стратегических решений по совершенствованию ОС и ее рациональному взаимодействию с другими государственными системами.

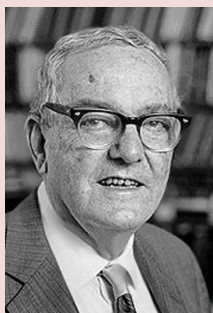
6. Совершенствование методов и средств всех видов обеспечения образовательной системы Украины, в том числе правового, технического, организационного, лингвистического, финансового, информационно-методического, медицинского и других.

7. Планомерная подготовка специалистов, способных с использованием интеллектуальных средств и новых технологий эффективно решать задачи обучения и администрирования в школах и ВУЗах соответствующими образовательными подразделениями.

Большой вклад в исследовании проблем и их классификацию внесли американские ученые А. Ньюэлл и Г. Саймон (рис. 3.3), которые являются авторами книги «Решение проблем человеком» [19].

Они предложили из всего множества выделить три класса проблем в зависимости от глубины анализа противоречий и познания их сути.

Аллен Ньюэлл (1927 – 1992 г.г.) – американский ученый в области когнитивной психологии и искусственного интеллекта. В 1975 году совместно с Саймоном был награждён **Премией Тьюринга** за основополагающие работы в области искусственного интеллекта и психологии механизмов человеческого восприятия.



Герберт Саймон (1916 – 2001 г.г.) – американский политолог, экономист, социолог и психолог, профессор Университета Карнеги-Меллона. **Лауреат Нобелевской премии** (Nobel Prize) по экономике (1978 г.), автор почти тысячи крайне высоко оцененных публикаций и один из наиболее влиятельных специалистов в области общественных наук прошлого века.

Рисунок 3.3 – Хорошее настроение американских ученых,
есть чему радоваться

Хорошо структурированные проблемы

Эти проблемы хорошо поддаются формализации и решаются с использованием математического аппарата, позволяющего получать количественные оценки, показывающие эффективность разрешения проблемной ситуации. При решении таких проблем могут быть использованы методы элементарной математики (алгебры, геометрии и т.д.), теории вероятностей, математической статистики, интегрального и дифференциального исчисления и т.д., например, проблема уравнивания геодезических сетей производится одним из методов математической статистики, получивший название «коррелятный способ». Другой пример, проблема оптимизации при создании расписания занятий в высшем учебном заведении с учетом множества критериев и факторов.

Слабоструктурированные проблемы

Они, как правило, являются комбинированными, содержащими как количественные, так и качественные характеристики проблемных ситуаций, что обуславливает применение малоизвестных и разработку новых

методов, обеспечивающих эффективное решение проблемы. Здесь для решения проблемы используются как методы вычислительной математики, так и математической логики в совокупности с методами мягких вычислений, предложенных Лотфи Заде [20]. К методам мягких вычислений в настоящее время относятся методы построения нейронных сетей, нечеткой логики, эволюционного моделирования (генетические алгоритмы), методы теории хаоса и роевого интеллекта (методы построения многоагентных систем и технологий). Примерами использования мягких вычислений при разрешении проблем в образовании и обучении может служить количественная оценка качества научных работ (монографий, диссертаций, научных статей), а также профессиональной деятельности научно - педагогических работников [14].

Неструктурированные проблемы

Неструктурированные или качественно выраженные проблемы описываются на содержательном уровне или с использованием методов метаматематики, которые имеют высокий уровень абстракций и обобщения. К таким методам относятся топологические методы, методы теории категорий и функторов, методы доказательств и т.д., а также специально разработанные неформальные процедуры и технологии формализации [14, С. 168 – 234]. Кроме того, для решения неструктурированных проблем часто используются экспертные методы (Терстоуна, фон Неймана-Моргенштерна, Черчмена-Акоффа и др.).

Обратим внимание на то, что одна и та же проблема в зависимости от глубины ее проработки и изучения может быть отнесена к разным классам. По мере изучения проблемной ситуации проблема сначала может быть неструктурированной, а затем слабоструктурированной и хорошо структурированной. Это утверждение основано на опыте разработки метода и постановки проблемы с индексацией ее решения [14, С. 45 – 52].

Покажем на схеме порядок (пути) и основные этапы решения проблем (см. рис. 3.4). Видно, что процесс исследования проблемной ситуации и решения проблемы носит итерационный характер, как для отдельных проблемных задач, так и для решения проблемы в целом. Обратные связи на рисунке показывают возможность корректировки полученных результатов на любом этапе решения проблемы. На схеме блоки применения методов различных классов проблем специально показаны слитно, так как решение

любой проблемы, в первую очередь зависит от знаний исследователя математического аппарата и умения его использовать как инструментальное средство при решении сложных проблем.



Рисунок 3.4 – Обобщенная структурная схема решения проблемы

Рассмотрим более детально слабоструктурированные проблемы, так как проблемные ситуации, возникающие в системе высшего образования, содержат множество противоречий, обусловленных недостатками правового обеспечения этой системы, а также влиянием на нее глобальных факторов – информатизации, интеграции и интеллектуализации.

Принято считать, что слабоструктурированные проблемы во многих случаях решаются на основе методов системного анализа. Рассматривае-

мые проблемы имеют ряд характерных особенностей, к которым отнесем следующие.

Особенность 1. При решении слабоструктурированных проблем принимаются решения, результаты которых обнаружатся в будущем, через большой промежуток времени. Например, оценить решение о применении в обучении инновационной технологии можно только через некоторое время – семестр, учебный год и т.д.

Особенность 2. Слабая структуризация проблемы обуславливает широкий диапазон альтернативных решений. Примером этой особенности может служить множество вариантов изложения одного и того же учебного материала (учебной дисциплины) разными преподавателями.

Особенность 3. Решения слабоструктурированных проблем зависят от существующего состояния проблемосодержащей среды и ее технологических возможностей. Данная особенность для системы высшего образования обусловлена разным уровнем технического оснащения ВУЗов, а также квалификационным уровнем научно-педагогических и педагогических работников.

Особенность 4. Снижение уровня противоречий в слабоструктурированных проблемах предполагает принятие решений, требующих значительных затрат и ресурсов, и, как следствие этого, содержит элементы риска. В качестве примера этой особенности решения слабоструктурированных проблем в ВУЗах можно привести разработку преподавателем инновационной технологии обучения, которая предполагает значительных временных затрат на ее проектирование. Кроме того, технология обучения предполагает использование самой современной оргтехники и мультимедийных программных продуктов. Вместе с тем существует определенный педагогический риск, заключающийся в том, что непонятно, принесет ли использование инновационной технологии обучения позитивный или негативный результат.

Особенность 5. Сложность решения слабоструктурированных проблем обусловлена необходимостью применения комбинации методов, как вычислительной математики, математической логики, мягких вычислений, так и эвристических и полуэвристических методов исследования проблемной ситуации. Примером такой комбинации методов может служить технология формализации, предложенная в работе [14].

Особенность 6. При решении слабоструктурированных проблем существует некоторая неопределенность, связанная с критерием «эффективность – стоимость». Соотнесение начальных требований к решению слабо-

структурированной проблемы к соответствующим затратам и оценке эффективности ее решения.

Основными концептуальными положениями применения системного анализа для решения слабоструктурированных проблем являются следующие.

1. Процесс решения проблемы начинается с выявления и обоснования конечной цели, которой хотят достичь в той или иной проблемосодержащей среде, и уже на этой основе строится граф целевых установок теоретических исследований с промежуточными целями и задачами. На рисунке 3.5 показан пример построения графа целевых установок, которые необходимо достигнуть в процессе решения проблемы.

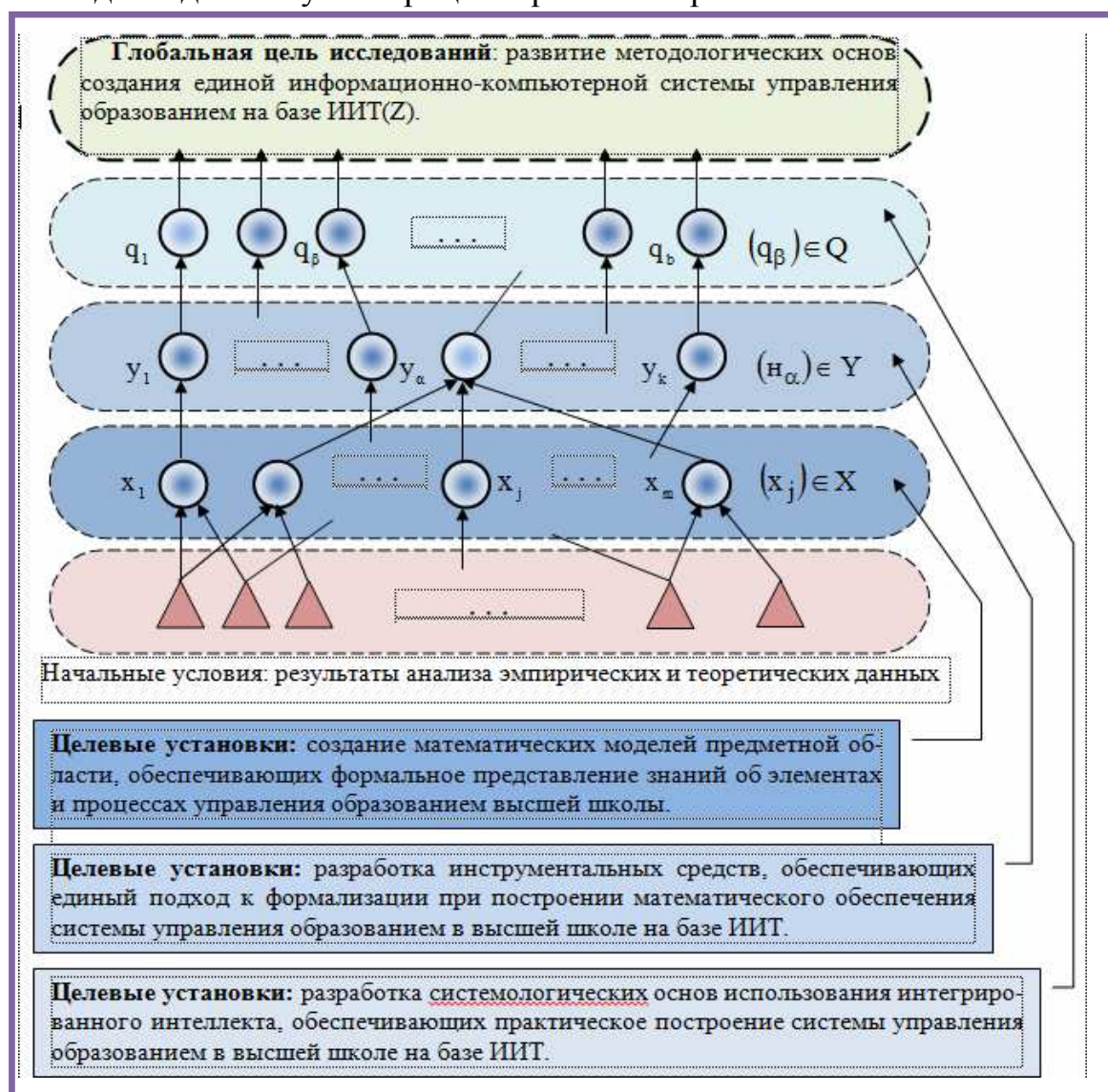


Рисунок 3.5 – Пример графа целевых установок теоретических исследований

Граф показывает стремление развить (усовершенствовать) существующие методологические основы создания единой информационно-компьютерной системы управления образованием на базе интеллектуальных информационных технологий.

2. К решению слабоструктурированной проблемы необходимо подходить как к сложной системе, выявлять при этом частные проблемы и особенности противоречий, образующих ту или иную проблемную ситуацию.

3. В процессе решения проблемы осуществляется формирование множества альтернатив достижения цели (множество связей на рисунке 3.5); оценка этих альтернатив с помощью соответствующих критериев и выбор предпочтительной альтернативы.

4. Организационная структура механизма решения проблемы должна соответствовать графу целевых установок.

Таким образом, рассмотрен начальный этап системного анализа, заключающийся в оценке проблемосодержащей среды, выделении проблемных ситуаций, а также особенностей противоречий, в них проявляющихся.

3.2 Пример математической постановки научной проблемы с индексацией ее решения

Продолжая использовать примеры из области образования, в частности высшей школы, покажем комплекс современных противоречий именно в этой области. За основу возьмем метод постановки проблемы приведенный в работе [15]. Сущность метода основывается на следующих посылах. Во-первых, на определении термина «проблема», приведенного в начале данного раздела. Во-вторых, на философском определении противоречия, которое трактуется как специфическое отношение между позитивными и негативными сторонами какого-либо процесса или явления. В-третьих, основываясь на категориальном аппарате закона единства и борьбы противоположностей, который органически включает принцип неразрывного единства качества и количества по аналогии с термином «сила отношения» и его определением, введем термин «сила противоречия». Определим силу противоречия как относительный показатель, индексирующий конечный результат решения проблемы. В-четвертых, противоречие как специфическое отношение будем считать нечетким, носителем нечет-

кости которого является субъективизм определения его негативных и позитивных сторон.

Следовательно, формулируя противоречия, состоящие из позитивных и негативных сторон в проблемосодержащей среде, и задавая им показатели (силу противоречия), при максимизации или минимизации которых сила противоречий должна уменьшиться.

В проблемосодержащей среде, в нашем случае – система высшего образования, выделим четыре основных группы противоречий, к которым отнесем: структурные (группа А); межнаучные противоречия (группа Б); материально-технические (группа В); социально-психологические противоречия (группа Г).

Для математического описания проблемы примем следующие обозначения:

$Prob = \{P_i^j\}$, $i = \overline{1, n} = \overline{A, Г}$, P_i^j – множество противоречий j-й группы, составляющих проблематику исследований, i – номер противоречия в группе;

$P_i^j = \left(p_i^j \overset{R_i^j}{\leftrightarrow} h_i^j \right)$, где p_i^j , h_i^j – позитивная и негативная стороны противоречия; R_i^j – сила противоречия.

Кроме того, в системе противоречий определим ее количественные составляющие, т.е. зададим показатели (индексы), которые будут количественно характеризовать силу того или иного противоречия, а вместе с тем и критерии оценивания разрешения проблемы.

К группе А отнесем следующие структурные противоречия.

1. Противоречие между результатами исследований вузовской науки и оперативностью их внедрения в учебный процесс. Оно обусловливается отсутствием методов (процедур), обеспечивающих оценку хорошо апробированных результатов научно-исследовательских работ с целью их использования при совершенствовании учебных дисциплин.

Формально это противоречие можно записать в следующем виде:

$$P_1^A = \left(p_1^A \overset{R_1^A}{\leftrightarrow} h_1^A \right).$$

Данное противоречие может быть разрешено (или ослаблено), за счет совершенствования и разработки новых процедур экспертизы научно-исследовательских работ, в том числе и диссертационных, которые будут направлены на выработку соответствующих рекомендаций по совершенствованию учебного процесса в ВУЗе. Выработанные рекомендации ускорят корректировку учебных планов и программ. Поэтому индексом разрешения данного противоречия может служить время, а критерием оценивания – минимизация этого времени ($\min r_1^A \in R_1^A$).

2. Противоречие между существующими организационно-административными методами управления в высшей школе и перспективными методами, которые предполагают использование при управлении когнитивными, учебными и образовательными процессами интеллектуальные информационные технологии. Причиной этого противоречия, на наш взгляд, является отсутствие подготовленных специалистов, которые смогли бы реализовать внедрение методов современных ИТ-технологий в педагогическую практику, т.е. специалистов, имеющих знания в области кибернетики и развивающейся в настоящее время эдукологией – одна из наук об образовании, изучающая общие закономерности организации, функционирования и развития сферы образования.

По аналогии предыдущей формальной записи запишем:

$$П_2^A = \left(p_2^A \overset{R_2^A}{\leftrightarrow} h_2^A \right).$$

Данное противоречие может быть разрешено (или ослаблено) увеличением числа служебных документов ($\max r_2^A \in R_2^A$), представленных в виде моделей для оперативной обработки в ПК, а также увеличением числа специалистов, способных внедрять информационные технологии в практику управления обучением и образованием ($\max r_3^A \in R_2^A$).

3. Противоречие между имеющейся теоретической базой моделирования интеллектуальных процессов и сложностью формализации процессов управления когнитивной, учебной и образовательной деятельностью. Причиной этого противоречия можно считать слабую разработку методов, обеспечивающих формализацию (моделирование) когнитивных, учебных и образовательных процессов.

Формально это противоречие запишем:

$$\Pi_3^A = (p_3^A \leftrightarrow h_3^A).$$

Данное противоречие может быть разрешено (или ослаблено) увеличением числа внедренных моделей искусственного интеллекта ($\max r_4^A \in R_4^A$) для использования их в управлении когнитивными, учебными и образовательными процессами.

К группе Б отнесем противоречия которые возникают между наукой об управлении – кибернетикой и наукой об обучении, образовании и воспитании – педагогикой.

1. Противоречие между динамикой развития наук. С одной стороны – быстро развивающееся направление создания моделей искусственного интеллекта в рамках кибернетики, которое является основой создания интеллектуальных информационных технологий, с другой стороны – отставание в динамике развития методов и методик психологии и педагогики, которые являются основой изучения когнитивных процессов и их элементов. Такое противоречие обуславливается в значительной мере консерватизмом психологии и педагогики, так как объектом их изучения являются закономерности и факты психической жизни человека, также процессы его образования и обучения.

Формально запишем:

$$\Pi_1^B = (p_1^B \leftrightarrow h_1^B).$$

Данное противоречие может быть разрешено (или ослаблено) увеличением ресурсов ($\max r_1^B \in R_1^B$), выделяемых для междисциплинарных исследований, и созданием новых дисциплин, например, таких как «Основы эдукологии», которая основывается на современных достижениях информационных технологий.

2. Противоречие между динамикой развития основных частей, составляющих рассматриваемые науки, а именно методологией, теоретическими и эмпирическими основами. Если эти три составляющие кибернетики развиваются пропорционально и динамично, о чем свидетельствуют разработанные в США методики быстрого внедрения в практику информацион-

ных технологий, то динамика развития основных составляющих педагогики значительно отличается друг от друга.

Данное противоречие запишем в виде следующей формулы:

$$\Pi_2^B = (p_2^B \leftrightarrow h_2^B).$$

Данное противоречие может быть разрешено (или ослаблено) за счет увеличения числа экспериментальных исследований в педагогике ($\max r_2^B \in R_2^B$) и привлечения к ним большего контингента как обучаемых, так и научно-педагогических работников ВУЗа для выявления закономерностей и оценивания качества подготовки бакалавров и магистров при внедрении в педагогическую практику интеллектуальных информационных технологий.

К группе В отнесем следующие экономические противоречия.

1. Противоречие между недостатком материальных и финансовых средств для оснащения ВУЗов современными вычислительными сетями с современным программным обеспечением и высокими требованиями по созданию единой автоматизированной системы управления образованием и наукой. Причины этого противоречия, очевидно, кроются в финансировании образовательных программ.

По аналогии с предыдущими формальными представлениями запишем:

$$\Pi_1^B = (p_1^B \leftrightarrow h_1^B).$$

Данное противоречие может быть разрешено (или ослаблено) за счет расширения функциональных задач ($\max r_1^B \in R_1^B$), решаемых по управлению когнитивными, учебными и образовательными процессами на базе интеллектуальных информационных технологий.

2. Противоречие между большими возможностями относительно недорогих вычислительных средств и высокой стоимостью разработки специального математического обеспечения для систем управления образованием и наукой. Причины возникновения данного противоречия аналогичны предыдущим.

По аналогии формально запишем:

$$\Pi_2^B = (p_2^B \leftrightarrow h_2^B).$$

Данное противоречие может быть разрешено (или ослаблено) за счет увеличения числа параллельных процессов ($\max r_2^B \in R_2^B$) проектирования математического обеспечения на основе специально разработанной формализации.

3. Противоречие между интеллектуальной собственностью научно-педагогических работников ВУЗов и оплатой их труда. Причиной этому противоречию является несовершенство законодательной базы.

По аналогии формально запишем:

$$\Pi_3^B = (p_3^B \leftrightarrow h_3^B).$$

Данное противоречие может быть разрешено (или ослаблено) за счет разработки методики оценивания затрат ($\min r_3^B \in R_3^B$) на разработку моделей профессиональных знаний преподавателей ВУЗа и реализации их на рынке образовательных услуг.

4. Противоречие между бюджетными затратами на содержание ВУЗов и возможностью компенсации части затрат за счет взимания налога с продаж интеллектуальной собственности научно-педагогических работников. Причина аналогична предыдущей.

По аналогии формально запишем:

$$\Pi_4^B = (p_4^B \leftrightarrow h_4^B).$$

Данное противоречие может быть разрешено (или ослаблено) за счет разработки методики оценивания рентабельности использования интеллектуальных информационных технологий в ВУЗе для управления когнитивными и учебными процессами ($\max r_4^B \in R_4^B$).

К группе Г отнесем социально-психологические противоречия.

1. Противоречие между знаниями и опытом старшего поколения управленцев, которые в условиях быстрого развития информационных технологий испытывают определенные затруднения в освоении современ-

ных технологий управления, и неустойчивыми знаниями и малым опытом в организации и управлении образовательными процессами молодого поколения менеджеров, которые в значительной степени овладели элементами управления с использованием современных информационных технологий. Это противоречие обуславливается, на наш взгляд, недостатками в организации специальной подготовки старшего поколения управленцев, а также психологическими и материально-техническими причинами.

Формально запишем:

$$\Pi_1^{\Gamma} = \left(p_1^{\Gamma} \overset{R_1^{\Gamma}}{\leftrightarrow} h_1^{\Gamma} \right).$$

Данное противоречие может быть разрешено (или ослаблено) за счет увеличения числа доступных и полезных программных продуктов ($\max r_1^{\Gamma} \in R_1^{\Gamma}$), облегчающих профессиональную деятельность как научно-педагогических работников, так и администрации ВУЗа.

2. Противоречие между знаниями экспертов, работающих в образовательной сфере и возможностью свободного доступа к этим знаниям с целью обучения и развития вузовской науки. Здесь можно выделить две причины, обусловившие это противоречие. Во-первых, субъективные причины, зависящие от индивидуальных особенностей характера эксперта. Во-вторых, слабо разработанные процедуры отбора знаний у экспертов и методы представления этих знаний в базах знаний.

Формально запишем:

$$\Pi_1^{\Gamma} = \left(p_1^{\Gamma} \overset{R_1^{\Gamma}}{\leftrightarrow} h_1^{\Gamma} \right).$$

Данное противоречие может быть разрешено (или ослаблено) за счет разработки специальных процедур отбора и формализации знаний экспертов, обеспечивающих оперативность доступа к этим знаниям, и увеличения числа доступных и полезных программных продуктов ($\min r_2^{\Gamma} \in R_2^{\Gamma}$), облегчающих профессиональную деятельность как научно-педагогических работников, так и администрации ВУЗа.

Основываясь на приведенных выше результатах анализа проблемосодержащей среды, можно записать следующее соотношение:

$$\min \Pi_i^j = \begin{cases} \min r_1^A \in R_1^A; \\ \max r_2^A \in R_2^A, \max r_3^A \in R_2^A; \\ \max r_4^A \in R_3^A; \\ \max r_1^B \in R_1^B; \\ \max r_2^B \in R_2^B; \\ \max r_1^B \in R_1^B; \\ \max r_2^B \in R_2^B; \\ \min r_3^B \in R_3^B; \\ \max r_4^B \in R_4^B; \\ \max r_1^F \in R_1^F; \\ \min r_2^F \in R_2^F. \end{cases}$$

Таким образом, показан пример математической постановки проблемы с индексацией ее решения. Он позволяет в дальнейшем оценить степень решения проблемы на основе количественных и качественных показателей.

3.3 Принципы и методы системного анализа

Системный анализ – научный метод познания, представляющий собой последовательность действий по установлению структурных связей между переменными или элементами исследуемой системы.

Системный анализ основывается на следующих принципах:

- *единства* – совместное рассмотрение системы как единого целого и как совокупности частей;
- *развития* – учет изменяемости системы, ее способности к развитию, накапливанию информации с учетом динамики окружающей среды;
- *глобальной цели* – ответственность за выбор глобальной цели. Оптимум подсистем не является оптимумом всей системы;
- *функциональности* – совместное рассмотрение структуры системы и функций с приоритетом функций над структурой;
- *децентрализации* – сочетание децентрализации и централизации;
- *иерархии* – учет соподчинения и ранжирования частей;
- *неопределенности* – учет вероятностного наступления события;
- *организованности* – степень выполнения решений и выводов.

Системный анализ опирается на комплекс общенаучных, экспериментальных, статистических и математических методов.

К экспериментальным методам относятся: наблюдение, тестирование, анкетирование, опрос, лабораторный эксперимент и более сложные методы – натурные и полунатурные испытания.

К статистическим методам относятся методы математической статистики и теории ошибок, например, методы дисперсионного, корреляционного, факторного анализа и другие, а также методы непараметрической статистики в случае малых выборок.

Рассмотри более подробно общенаучные методы.

Общенаучные методы

Анализ – реальное или мысленное разделение объекта на составные части и **синтез** – их объединение в единое органическое целое, а не в механический агрегат. Результат синтеза – совершенно новое образование.

Применение аналитических и синтетических методов в исследованиях впервые описал И. Ньютон в работе «Оптика» (1704 г.). Вот, что он написал (см. рис. 3.6):

...как в математике, так и при испытании природы, при исследовании трудных вопросов, *аналитический метод* должен предшествовать синтетическому. Этот анализ заключается в том, что из *экспериментов* и наблюдений посредством *индукции* выводят общие заключения и не допускают против них никаких возражений, которые не исходили бы из опытов или других надежных истин. Ибо гипотезы не рассматриваются в экспериментальной философии. Хотя полученные посредством индукции из экспериментов и наблюдений результаты не могут еще служить доказательством всеобщих заключений, все же это – наилучший путь делать заключения, который допускает природа вещей.

Optic's or a treatise of the reflections, refractions, inflections and colures of light, Isaaci Newton, 1704.

Рисунок 3.6 – Высказывание И. Ньютона в работе «Оптика»

Абстрагирование – процесс мысленного отвлечения от ряда свойств и отношений изучаемого явления, с одновременным выделением интересующих исследователя свойств (прежде всего существенных, общих).

Примером абстрагирования может служить обобщенная модель проблемной ситуации (см. рис. 3.1), где отсутствует конкретика и показаны две противоположных стороны некоторой (гипотетической) проблемной ситуации, в которой негативные процессы и явления превалируют над позитивными, что обуславливает образование противоречий и в целом создает проблему.

Данный метод системного анализа широко используется в процессе обучения при выполнении лабораторных работ, а также при подготовке дидактического материала, поясняющего суть рассматриваемого объекта, процесса или явления.

Обобщение – процесс установления общих свойств и признаков предмета, тесно связано с абстрагированием. При этом могут быть выделены любые признаки (абстрактно-общее) или существенные (конкретно-общее, закон). Примером обобщения в организации учебного процесса могут служить учебные программы дисциплин, которые представляют в обобщенном виде учебный материал дисциплины и порядок его изложения.

Идеализация – мыслительная процедура, связанная с образованием абстрактных (идеализированных) объектов, принципиально не осуществимых в действительности ("точка", "идеальный газ", "абсолютно черное тело" и т.п.). Примером идеализации в образовательной сфере могут служить показательные лекции высококвалифицированного педагога, демонстрирующего свое методическое мастерство для начинающих преподавателей. Кроме того, метод идеализации используется в педагогической практике, когда необходимо показать студентам некоторый эталон (образец), например, оформления курсовой работы, отчета о лабораторной работе и т.д.

Индукция – движение мысли от единичного (опыта, фактов) к общему (их обобщению в выводах) и **дедукция** – восхождение процесса познания от общего к единичному. Это противоположные, взаимно дополняющие методы познания. Поскольку опыт всегда бесконечен и неполон, то индуктивные выводы всегда имеют проблематичный характер. Индуктивные обобщения обычно рассматривают как опытные истины (эмпирические законы).

Данные методы системного анализа составляют логическую основу построения учебного материала и обучения в целом. В качестве примера рассмотрим обычную лекцию. Преподаватель сначала объявляет тему лек-

ции, а затем разбивает лекцию на вопросы, т.е. излагает учебный материал, используя *дедуктивный метод*. В конце лекции квалифицированный педагог должен подвести итог и обобщить изложенный материал, применяя при этом *индуктивный метод*.

Аналогия (соответствие, сходство) – умозаключение на основе переноса знания об одном объекте на менее изученный объект, сходный с первым в некотором отношении.

Данный метод широко используется в педагогической и воспитательной практике. Во многих дисциплинах, начиная с элементарной математики и физики часто, используются отношения подобия. Подобные фигуры в геометрии, подобные члены в алгебраических выражениях, подобные формульные соотношения в физике и т.д. свидетельствуют о том, что отношение сходства является одним из основных методов системного анализа в педагогической деятельности преподавателей. Кроме того, аналогия является одним из основных методов в теории воспитания.

Моделирование – метод исследования определенных объектов путем воспроизведения их характеристик на другом объекте – модели, которые представляют собой аналог того или иного фрагмента действительности (материального или мыслительного) – оригинала модели.

Метод моделирования в методической базе системного анализа занимает особое место, так как чаще других методов используется в обучении. На основе моделирования формируют у человека знания, умения и навыки с раннего детства (игровые методы моделирования) и заканчивая организацией научной деятельности в ВУЗах (математическое, имитационное моделирование и т.д.).

Системный подход как метод постановки проблемных задач с целью их решения

В системном анализе важное место занимает системный подход, который в энциклопедии [21] определяется как совокупность общенаучных методологических принципов (требований), в основе которых лежит рассмотрение объектов как систем. Схематично представим системный подход в виде человека изучающего сложную систему, которая расположена и функционирует в некоторой предметной области (см. рис. 3.7).

На рисунке 3.7 обозначено: **Ss** – сложная система; **E** – свойство эмерджентности.

системного анализа, но и могут создаваться с определенными целями на его же основе. Обратная задача решения проблемы, т.е. создание проблемной ситуации, наблюдается не только в глобальном масштабе на уровне государств, но и может решаться на межличностном, например, семейном уровне, в организационных, организационно-технических и других системах. Раскроем механизмы создания проблем. Условно с высоким уровнем обобщения некоторую сложную организационно-техническую систему обозначим треугольником (см. рис. 3.8).

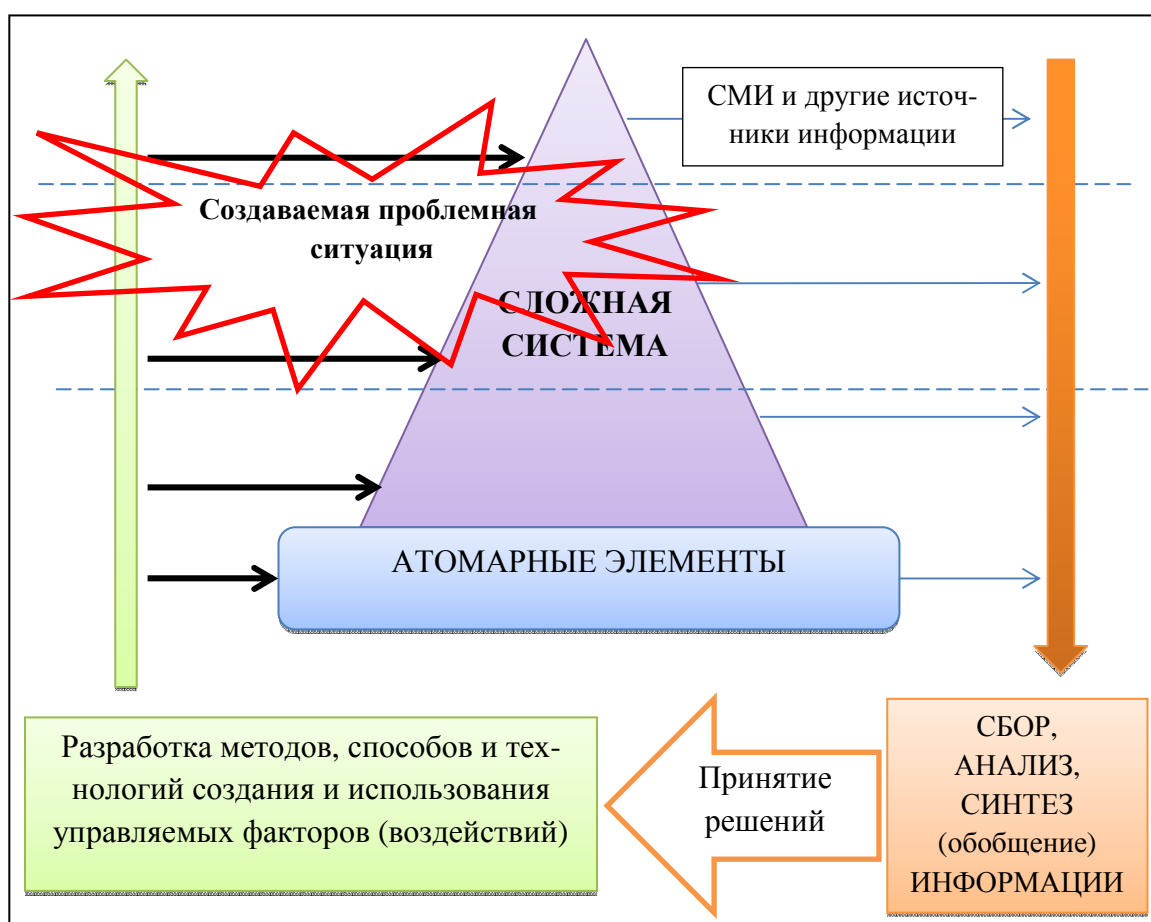


Рисунок 3.8 – Обобщенная схема создания управляемой проблемной ситуации в сложной системе

Ее иерархическую структуру покажем (пунктирными линиями) в обобщенном виде несколькими уровнями управления. Для искусственного создания проблемной ситуации, связанной со сложной системой, необходимо как можно больше знать о ее структуре и свойствах отдельных ее элементов и подсистем. Основным источником информации принято считать средства массовой информации (СМИ). Помимо СМИ источниками

информации могут быть обычные люди, использующие технические средства передачи информации, в том числе и Интернет.

Структурно-функциональный метод является разновидностью системного подхода и строится на основе выделения из системы ее структуры – совокупности устойчивых отношений и взаимосвязей между ее элементами и выявления их роли (функций) в составе системы.

Структура понимается как нечто инвариантное (неизменное) при определенных преобразованиях, а функция как «назначение» каждого из элементов данной системы. Например, рассматривая структуру ВУЗа, можно выделить структуры факультетов, кафедр, лабораторий и т.д. с их функциями и соответствующими взаимосвязями.

К основным требованиям реализации структурно-функционального метода можно отнести:

- изучение особенностей структуры сложной системы;
- исследование элементов сложной системы и характерных особенностей функционирования ее элементов;
- анализ изменения характеристик элементов сложной системы и их функций;
- рассмотрение развития (истории) сложной системы в целом;
- представление объекта как гармонически функционирующей системы, все элементы которой направлены на поддержание этой гармонии.

Вероятностно-статистические методы используются в случае необходимости учитывать при исследовании сложной системы множество случайных факторов, которые характеризуются устойчивой частотой появления. Это позволяет определить соответствующие законы или закономерности, связанные со случайными воздействиями на сложную систему или процессы, в ней протекающие.

Таким образом, рассмотрены основные принципы системного анализа, приведена характеристика отдельных общенаучных методов. Приводится характеристика системного подхода, который обеспечивает структуризацию проблемных ситуаций.

3.4 Информация и проявление ее свойств в сложных системах

Одним из чрезвычайно распространенных понятий в системе высшего образования является понятие «информация». Слово «информация» происходит от латинского слова «*informatio*», что в переводе обозначает сведение, разъяснение, ознакомление. Заметим, что для данного слова трудно

найти образ (денотат) в смысле построения семантического треугольника. Слово «информация» в естественном языке употребляется, как правило, в сочетании с другими словами, раскрывающими его семантику, например: учебная информация, достоверная информация, полезная информация, информационный процесс, информационная технология, информационная система и т.д.

В настоящее время не существует четкого и точного определения, что есть «информация». Энциклопедии дают самую общую трактовку этому термину.

Информация – общенаучное понятие, связанное с объективными свойствами материи и их отражением в человеческом сознании. Такое определение не учитывает специфику когнитивных (познавательных) процессов. Различают два вида информации – *объективную* как свойство материальных объектов, явлений и процессов и *субъективную* (семантическую, смысловую) информацию. Под субъективной информацией понимается смысловое содержание объективной информации об объектах и процессах материального мира, сформированной сознанием и специальными механизмами формирования и реализации знаний человека при помощи знаков, текстов, образов, ощущений и т.д. и зафиксированной на каком-либо материальном носителе информации (МНИ). На рисунке 3.9 иллюстрируется суть преобразования объективной информации в субъективную посредством сознания человека и его механизмов формирования и реализации знаний, и фиксация их на материальных носителях информации.

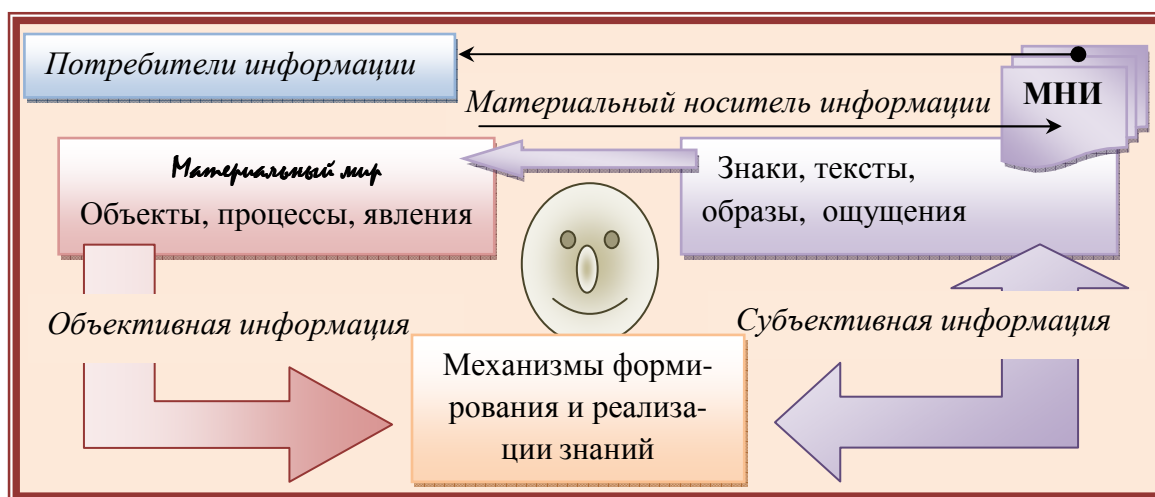


Рисунок 3.9 – Схема, иллюстрирующая преобразование информации в знания

Под термином «знания» будем понимать формы существования и систематизации результатов познавательной деятельности человека. Знание помогает людям рационально организовывать свою деятельность и решать различные проблемы, возникающие в процессе их деятельности.

В основе системы высшего образования лежат информационные процессы. Они предполагают систематизацию, структуризацию, прием и передачу информации, а также ее обобщение, детализацию и получение новой информации. Кроме того, информация визуализируется и представляется в различных видах и на основе как технических, так и нетехнических средств. Такое многообразие вариантов использования и преобразования информации в системе высшего образования обусловлено несколькими основными факторами. Во-первых, высокими интеллектуальными возможностями человека по преобразованию информации; во-вторых, множеством предметных областей и задач, которые решаются в этих областях; в-третьих, высокой динамикой информатизации процессов обучения и образования. Исходя из вышесказанного и учитывая особенности представления и использования информации в ВУЗах, дадим определение термину «учебная информация».

Учебная информация – сведения об объектах, явлениях, событиях, процессах и т.д., которые излагаются (предоставляются) студентам дидактическим языком в рамках конкретной специальности, уменьшающие степень неопределенности и неполноты знаний, необходимых для решения комплекса типовых задач, сформулированных в образовательных стандартах. Опираясь на приведенное определение термина «информация», рассмотрим ее некоторые свойства с точки зрения процессов обучения в высших учебных заведениях. Будем рассматривать следующие свойства информации: репрезентативность, содержательность, достаточность, доступность, актуальность, своевременность, точность, достоверность, ценность, или полезность.

Репрезентативность информации связана с правильностью ее отбора и формирования в целях адекватного отображения свойств описываемого объекта. Это свойство, как правило, проявляется в процессе подготовки преподавателя к занятиям. В частности, преподавателю необходимо подобрать материал для лекции, тема которой задана учебной программой. Он ставит найденную в источниках информацию в соответствие заданной

теме лекции и выбирает ту информацию, которая адекватно отражает суть рассматриваемых в лекции процессов и явлений.

Аналогично свойство репрезентативности информации проявляется в самостоятельной работе студентов при подборе материала (информации) для написания, например, реферата на заданную тему. Проиллюстрируем на рисунке 3.10 свойство репрезентативности информации.

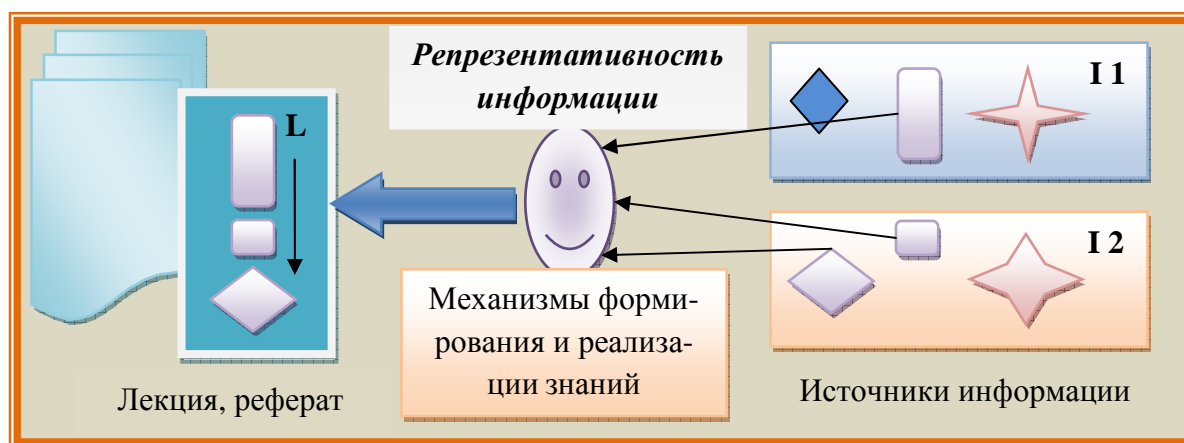


Рисунок 3.10 – Иллюстрация свойства репрезентативности информации при создании лекции (реферата)

Здесь показано, что механизм формирования и реализации знаний преподавателя из источников информации **I1**, **I2** выбирает только те их структурные элементы, которые адекватно отражают суть создаваемой учебной информации (лекция, реферат), которая на рисунке обозначена буквой **L**. Структурные элементы источников информации показаны правильными геометрическими фигурами, между которыми механизм формирования и реализации знаний преподавателя задает отношение строгого порядка. Этот факт показан вертикальной стрелкой рядом с буквой **L**.

Содержательность информации отражает семантическую емкость, равную отношению количества семантической информации в сообщении к объему обрабатываемых данных.

Данное свойство информации чрезвычайно важно в системе высшего образования, так как именно семантика наполняет содержанием теоретический материал учебных дисциплин и составляет основу формирования системы знаний студентов по специальностям обучения. К сожалению, ученые еще не разработали количественные методы измерения семантической емкости содержания учебных дисциплин. Только на основе педагоги-

ческого опыта и интуиции можно оценить содержательность того или иного учебного материала, той или иной учебной дисциплины.

Содержательность информации в системе высшего образования проявляется во многих случаях, например, при оценивании открытых лекций одним из главных показателей профессиональной подготовки преподавателей является содержательность учебного материала, излагаемого на лекции. Другим примером проявления свойства «содержательность» информации могут служить доклады на научных конференциях, которые в одних случаях за регламентное время несут максимальную семантическую нагрузку, а в других случаях, наоборот, за выделенное время докладчик не может изложить суть результатов своих исследований. Информация, зафиксированная на материальных носителях в виде конспектов лекций, учебных пособий, учебников и т.д., также обладает свойством «содержательность». Известны факты выпуска учебников под конкретные учебные дисциплины, состоящие из нескольких разделов, где в большинстве из них излагается известный математический аппарат и, лишь в одном, последнем разделе излагается суть предметной области. Исходя из определения свойства «содержательность», которое приведено выше, такие источники учебной информации являются несодержательными. Рассматриваемое свойство информации прослеживается в процессе написания студентами курсовых и дипломных работ, в устных и письменных ответах на зачетах и экзаменах и. т.д. Проиллюстрируем это свойство на рисунке 3.11, опираясь при этом на особенности языка и речи.

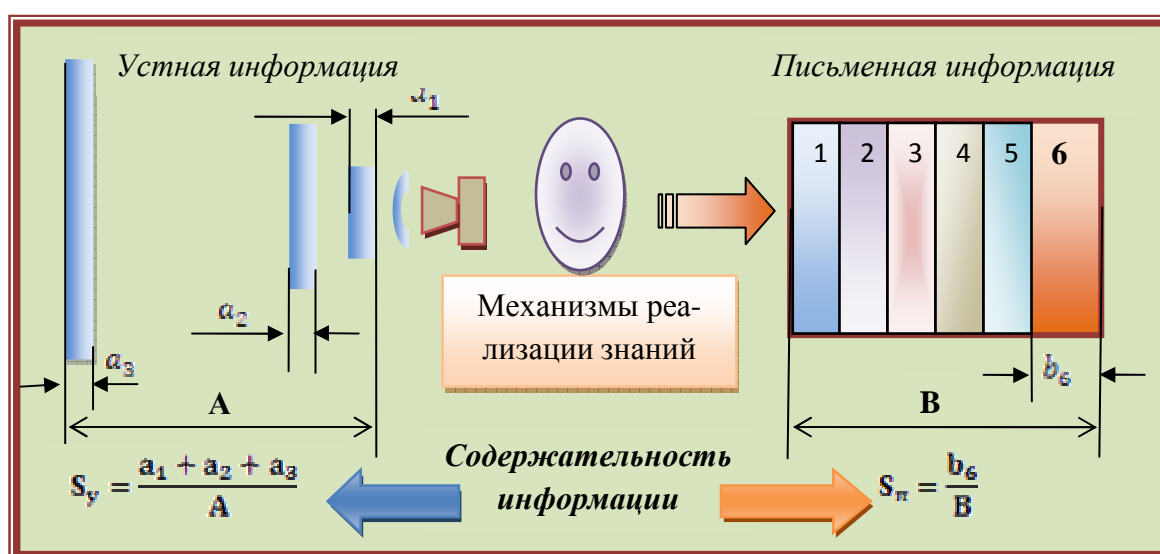


Рисунок 3.11 – Иллюстрация содержательности информации

На рисунке 3.11 показано, что механизм реализации знаний может их реализовывать в двух формах. В устной форме содержательность информации S_y в сообщении соответствует сумме информации в тезисах (высказываниях), несущих семантическую нагрузку a_1, a_2 и a_3 , отнесенной ко всей информации сообщения A . Чем ближе S_y к единице, тем выше содержательность. В письменной форме содержательность информации S_{π} соответствует отношению информации одного из структурных элементов лингвистического объекта, несущего семантическую нагрузку b_6 , к общему количеству информации в этом объекте B .

Одной из особенностей содержательной информации является ее иерархическая структура, каждый уровень которой может быть различный по объему и степени общности. Кроме того, содержательная информация должна иметь свое оригинальное имя. Информация не считается содержательной, если у нее нет имени (названия). Наиболее наглядно эта особенность содержательной информации проявляется в учебниках, где всей содержательной информации присваивается имя в виде названия учебника, основным структурным частям, соответственно присваиваются имена (названия) разделов, подразделов, пунктов и подпунктов. **Важно!** Для передачи смысла (семантики) содержания информации необходимо четко, ясно и лаконично формулировать названия структурных элементов и ее частей. Другими словами, названия структурных элементов, например, учебника или учебного пособия, адекватно отражают суть написанного. Причем между структурными элементами содержательной информации и их названиями формируются отношения «общее – частное», «род – вид», «причина – следствие», которые обеспечивают целостность восприятия каждой структурной части учебного материала.

Отметим часто встречающиеся ошибки по оформлению содержательной информации. Наиболее показательные ошибки несоответствия названия и содержания допускают студенты при оформлении выпускных работ и дипломных проектов. Например, название первого раздела «Общая характеристика информационных систем» (неправильно). Лучше написать «Анализ особенностей построения информационных систем» (правильно). В первом случае, название первого раздела дипломной работы более подошло к лекции по дисциплине «Информационные системы», но не к разделу дипломной работы, где необходимо показать именно проделанную работу. Название «Анализ особенностей ...» показывает, что студент не

только в первом разделе проанализировал информацию, но и выделил соответствующие особенности. Еще пример. Вторым раздел дипломной работы студент назвал «Программные средства» (плохо). Лучше написать «Обоснование использования программных средств для ...», что также показывает работу студента.

Достаточность (полнота) информации означает, что она содержит минимальный, но достаточный объем для принятия правильного педагогического решения. Понятие полноты информации связано с ее смысловым содержанием (семантикой) и прагматикой. Данное свойство информации наиболее полно проявляется на этапе создания или модернизации учебных дисциплин преподавателями, а также при написании учебно-методической литературы. Теоретический материал учебной дисциплины в виде некоторого объема информации должен обеспечивать студентам возможность решения практических задач в рамках дисциплины. Объем теоретического материала (информации) должен быть *достаточным* для принятия студентами правильных решений на практических и лабораторных занятиях, а также самостоятельного освоения учебного материала.

В учебной деятельности студентов свойство достаточности информации наиболее полно проявляется при сдаче устного экзамена или зачета. Многие преподаватели при ответе студента на вопрос экзаменационного билета часто произносят сакраментальное слово «достаточно». Это свидетельствует о том, что преподавателю достаточно информации для того, чтобы оценить знания студента. Большинство преподавателей используют свойство информации «достаточность» как один из важных показателей оценивания знаний студентов. Проиллюстрируем на рисунке 3.12 рассматриваемое свойство информации.

Здесь показано, что для успешного решения практических задач на практических занятиях, при курсовом проектировании, производственных и других практиках, а также в целом типовых задач, заданных образовательными стандартами, необходимо студенту предоставить достаточное количество теоретического материала.

Доступность информации восприятию пользователя обеспечивается выполнением соответствующих процедур ее получения и преобразования, а также использованием технических средств отображения и передачи данных.

Данное свойство информации сильнее всего проявляется в процессе аккредитации какой-либо вузовской специальности или ВУЗа в целом. Од-

ним из показателей аккредитации является доступность студентов к той или иной учебно-методической литературе.

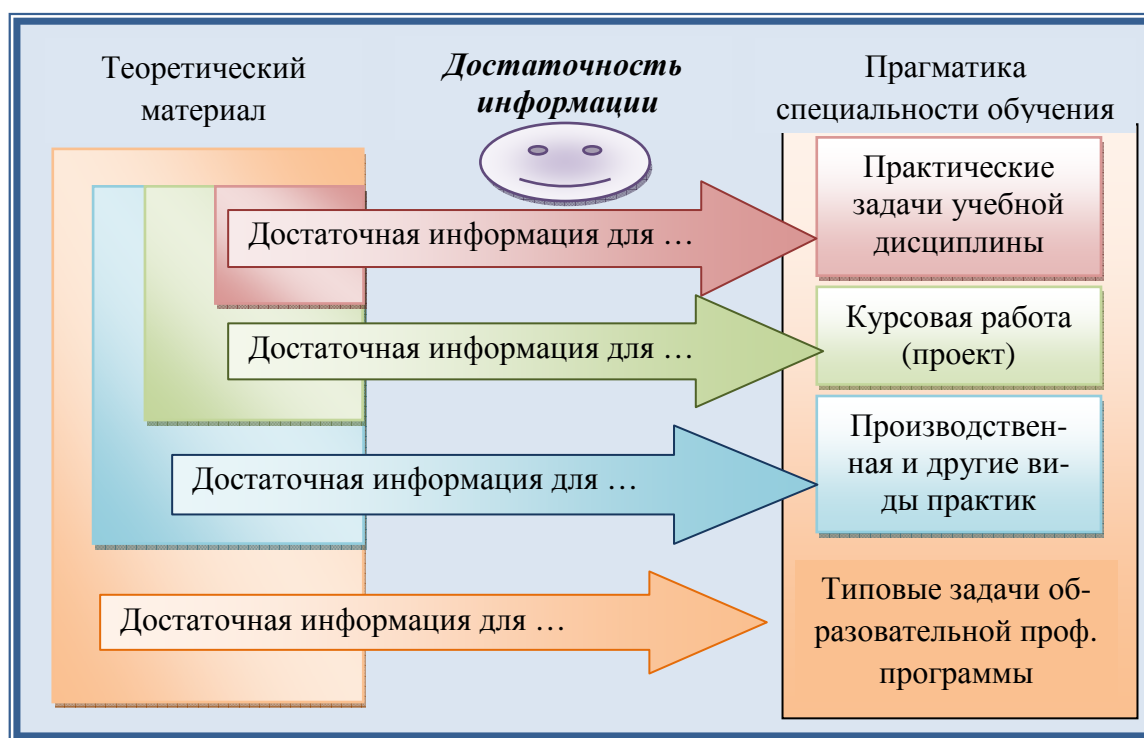


Рисунок 3.12 – Иллюстрация свойства информации «достаточность» на примере обеспечения теоретическим материалом решения практических задач

Свойство доступности к учебной информации измеряется количеством учебников или учебных пособий, приходящихся на одного студента по той или иной дисциплине. Считается, что доступность к информации обеспечена полностью, если на каждого студента ВУЗа приходится не менее одного источника учебной информации по всем дисциплинам учебного плана специальности.

Доступность информации является одним из важнейших свойств дистанционных форм обучения на основе Интернет-технологий. Дистанционное обучение обеспечивает доступ к учебной информации в любое удобное для обучающихся время. Иллюстрация рассматриваемого свойства приведена на примере (см. рис. 3.13), где показана доступность студентов к информационному обеспечению ВУЗа. Оно состоит из бумажных источников информации (библиотечного фонда), в котором отсутствуют от-

дельные источники информации, и электронных библиотек Глобальной сети Интернет.

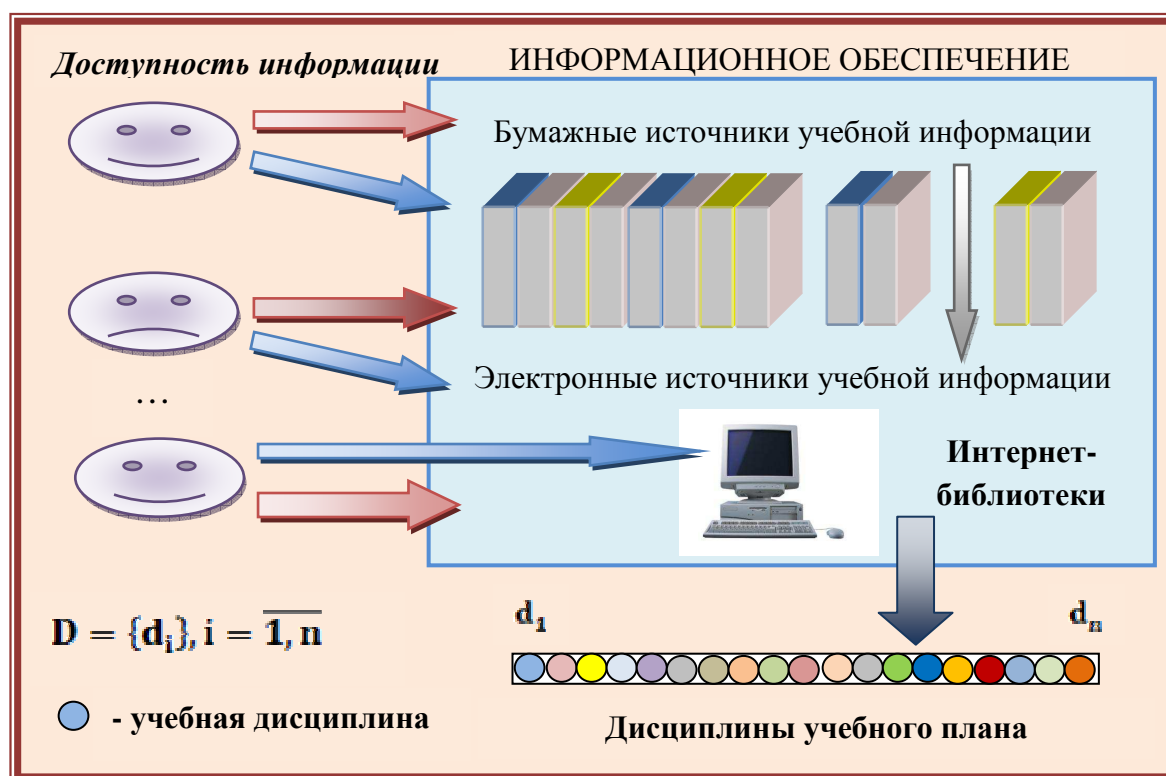


Рисунок 3.13 – Иллюстрация доступности студентов к информационному обеспечению ВУЗа по специальности

На рисунке 3.13 иллюстрируется случай, когда отсутствуют бумажные источники информации, и студенты обращаются в поисках учебной информации к электронным библиотекам в сети Интернет.

Актуальность информации определяется степенью сохранения ценности информации для управления в момент ее использования и зависит от динамики характеристик и интервала времени, прошедшего с момента возникновения данной информации.

Свойство актуальности информации в системе высшего образования тесно связано с использованием таких понятия как «старение информации», «обновление информации» и др. Данное свойство информации является основополагающим в научных исследованиях.

Динамика изменения этого свойства различна и скачкообразна. Например, для студента, который готовится к экзамену, вся информация, касающаяся учебной дисциплины, является чрезвычайно актуальной. Ус-

пешная сдача экзамена студентом временно переводит учебную информацию в категорию неактуальной информации.

Другой пример сохранения актуальности информации – длительное время. Для педагога, работающего над постановкой новой дисциплины, длительное время (семестр, учебный год и т.д.), актуальной остается информация, касающаяся содержания разрабатываемого курса. Здесь надо отметить, что актуальная информация не обязательно должна быть новой в смысле мировой новизны.

Высокие динамические характеристики свойства актуальности информации тесно связаны со свойством *своевременности* ее использования. Данное свойство информации в процессах обучения, образования и воспитания является наиболее используемое в системе высшей школы, так как оно связано с принятием педагогических решений. Своевременность использования информации и, в частности, учебной, проявляется во множестве случаев организации учебного процесса и функционировании высшего учебного заведения. Это своевременность или несвоевременность подготовки студента к занятиям, своевременность или несвоевременность подготовки учебного пособия преподавателем, своевременность или несвоевременность использования информации о начале занятий, как студентами, так и преподавателями и т.д. Из вышесказанного видно, что свойство информации «своевременность» непосредственно связано с теорией воспитания, в частности, с таким понятием как «дисциплина» лиц, принимающих решения на основе учебной информации. Объединим рассматриваемые свойства информации «актуальность» и «своевременность» и покажем в обобщенном виде, как они проявляются в учебной деятельности педагога, которая на рисунке 3.14 представлена тремя параллельными процессами.

Здесь два процесса являются информационными, и один – процесс принятия научно-педагогических решений. Процесс актуализации учебной информации представляет собой информационную подготовку преподавателя к занятиям и их своевременное проведение в соответствии с расписанием занятий. Процесс принятия педагогических решений на рисунке 3.14. показан точками t_{y1} , t_{y2} и t_d , где первые две соответствуют началу первого и второго занятия, а третья точка t_d соответствует концу обучения, т.е. экзамену. Научная составляющая педагогической деятельности показана процессом актуализации научной информации и принятием решений, например, подготовкой тезисов к докладу и выступлением на запланирован-

ной ($t_{н2}$) научной конференции, а также подготовкой и защитой кандидатской диссертации (t_D).

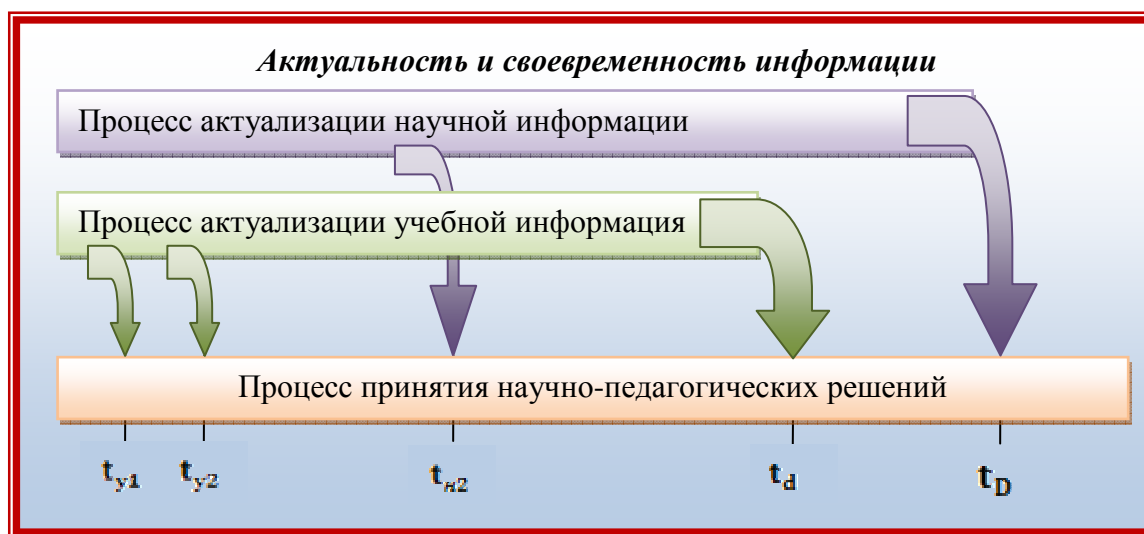


Рисунок 3.14 – Иллюстрация использования актуальной информации в учебной и научной деятельности преподавателя

Точность информации определяется степенью близости получаемой информации к реальному состоянию объекта, процесса, явления и т.д.

Данное свойство информации оказывает существенное влияние на обучение в высшей школе и формирование у студентов устойчивой и четкой системы знаний по специальности обучения. Известна условная классификация наук, которая делит их на точные и неточные. По аналогии выделяют точные и неточные учебные дисциплины. В основе такой классификации лежит понятие «мера». Как правило, учебные дисциплины, которые изучают основы теорий естественных и технических наук, используют понятие «мера» как качественную или количественную пропорцию соотношения истин. В гуманитарных науках точность информации интерпретируется как степень ее обобщения, например, на вопрос: «где расположен Большой андронный коллайдер» можно дать несколько правильных, но неточных ответов.

1. Большой андронный коллайдер размещается в Европе.
2. Большой андронный коллайдер размещен во Франции и Швейцарии.

3. Большой андронный коллайдер с двумя кольцами разгона элементарных частиц размещен на границе Франции и Швейцарии вблизи города Женева, и его месторасположение показано на географической карте (см. рис. 3.15).

Наиболее точная информация о месте расположения Большого андронного коллайдера содержится в третьем ответе. Кроме того, данная информация содержит дополнительные сведения о назначении и отдельных особенностях структуры коллайдера.

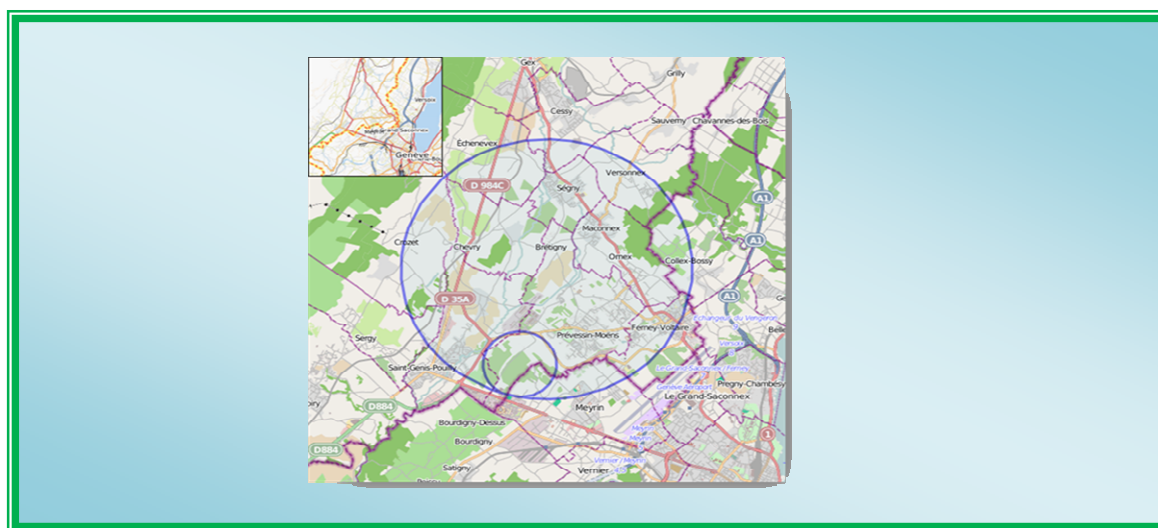


Рисунок 3.15 – Карта местности и географическое расположение коллайдера

В педагогической практике при оценивании знаний студентов уже давно используют свойство нечеткости информации, в основе которого лежит понятие нечеткой меры. Многие научно-педагогические работники в своей научно-педагогической деятельности осуществляют оценивание объектов, процессов, явлений, знаний и т.д. на основе комбинированного представления четких и нечетких мер, выраженных лингвистическими переменными. Например, знания студентов оцениваются на хорошо с плюсом. Другой пример – в рецензиях на учебные пособия, учебники можно встретить нечеткую оценку «не совсем удачно сформулированы».

Достоверность информации определяется ее свойством отражать реально существующие объекты с необходимой точностью.

Свойство достоверности информации связано с психологическими механизмами формирования и реализации знаний человеком. Они в педа-

гогической и научной деятельности педагога играют важную роль при формировании системы как учебных, так и научных знаний. Самым простым способом обеспечения высокой достоверности учебной информации, например, при подготовке преподавателем учебного пособия, является способ сравнения информации, представленной в нескольких источниках (см. рис. 3.16).

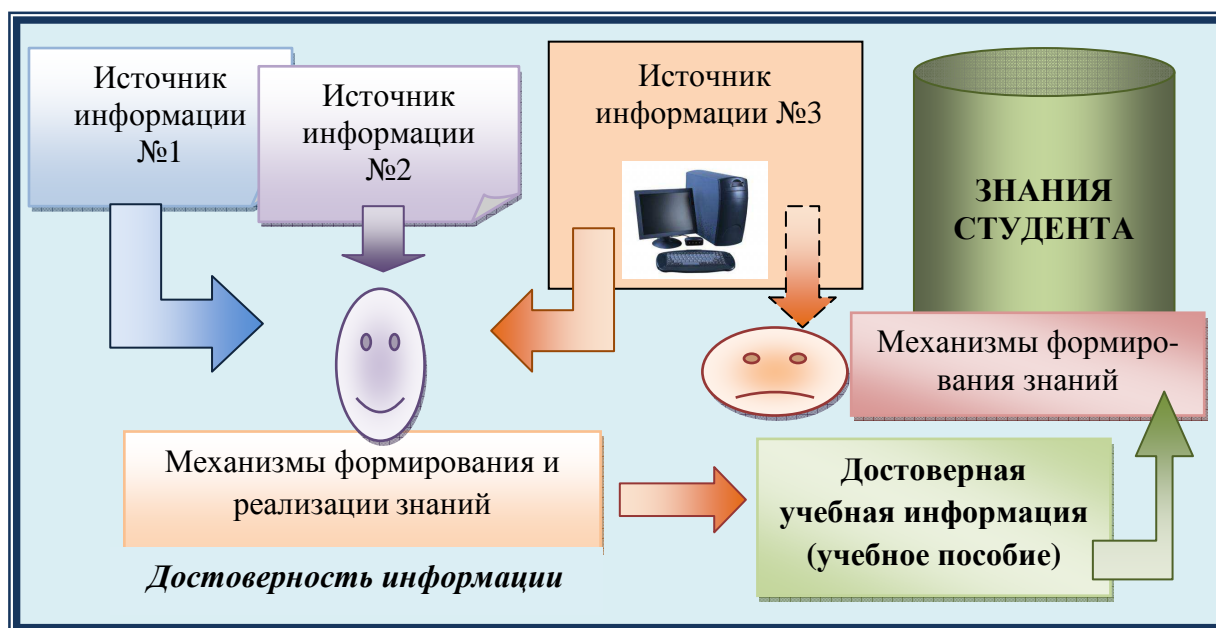


Рисунок 3.16 – Схема способа обеспечения достоверности учебной информации

На примере размещения Большого андронного коллайдера видно, что приведенная географическая карта (см. рис. 3.16), где показано точное расположение ускорителя элементарных частиц, повышает достоверность информации о его месторасположении.

Одним из способов оценки достоверности научной информации является ее сравнение с первоисточником, который написан автором и изложен его родным языком. Кроме того, достоверность результатов научных исследований, интерпретируемых как научная информация, обеспечивается использованием исходных данных, полученных эмпирическим путем.

Полезность (ценность) – свойство информации, индицирующее последствие решения, сделанного в той или иной ситуации, выражается в материальных, временных, финансовых и других затратах или приобретениях

для лица, принимающего решение. Данное определение справедливо и для последствий групповых решений.

Свойство полезности информации изучается в теории игр, теории полезности и других теориях. Оно является одним из основополагающих свойств учебной и научной информации, циркулирующей в системе высшего образования.

Зададимся рядом вопросов. Думает ли абитуриент о пользе обучения в том или ином ВУЗе по той или иной специальности? Думает ли студент о пользе изучения профессионально-ориентированных дисциплин и их влиянии на успешность карьерного роста после окончания ВУЗа? Приносит ли пользу государству высшее учебное заведение, обучая студентов по конкретным специальностям? Подобных вопросов можно сформулировать множество, и ответы на них будут однозначно позитивны. Учитывая, что ВУЗ является информационной системой, и в нем протекают процессы принятия научно-педагогических решений, в основе которых лежат информационные процессы, можно поставить в соответствие каждому принимаемому решению некоторую ожидаемую полезность. Деятельность каждого участника научно-педагогического процесса ВУЗа и его подразделений можно описать некоторой функцией полезности. Проиллюстрируем зависимость полезности учебной информации от материальных затрат на приобретение знаний по некоторой учебной дисциплине (см. рис. 3.17). Здесь раздельно показаны процесс преподавания, интерпретируемый как процесс актуализации преподавателем учебной информации, и процесс изучения учебного материала дисциплины, представленного процессом принятия студентом некоторых решений на занятиях в моменты времени t_i , $i = \overline{1, N}$.

В нижней части рисунка 3.17 условно показаны последствия принятых решений. Выше оси времени пунктирной линией показаны знания, которые мог бы приобрести студент на соответствующих занятиях, а сплошной линией – реально приобретенные им знания.

Так как время обучения в зависимости от квалификации преподавателя можно оценить в денежном эквиваленте, то ниже оси времени расположим затраты на обучение студента, соответствующие разности максимально возможного количества знаний и реально приобретенных знаний.

Рассматривая граничные значения функции полезности, можно утверждать, что если студент на каждом занятии усваивает максимальное

количество информации, то и польза от такого обучения будет максимальной.

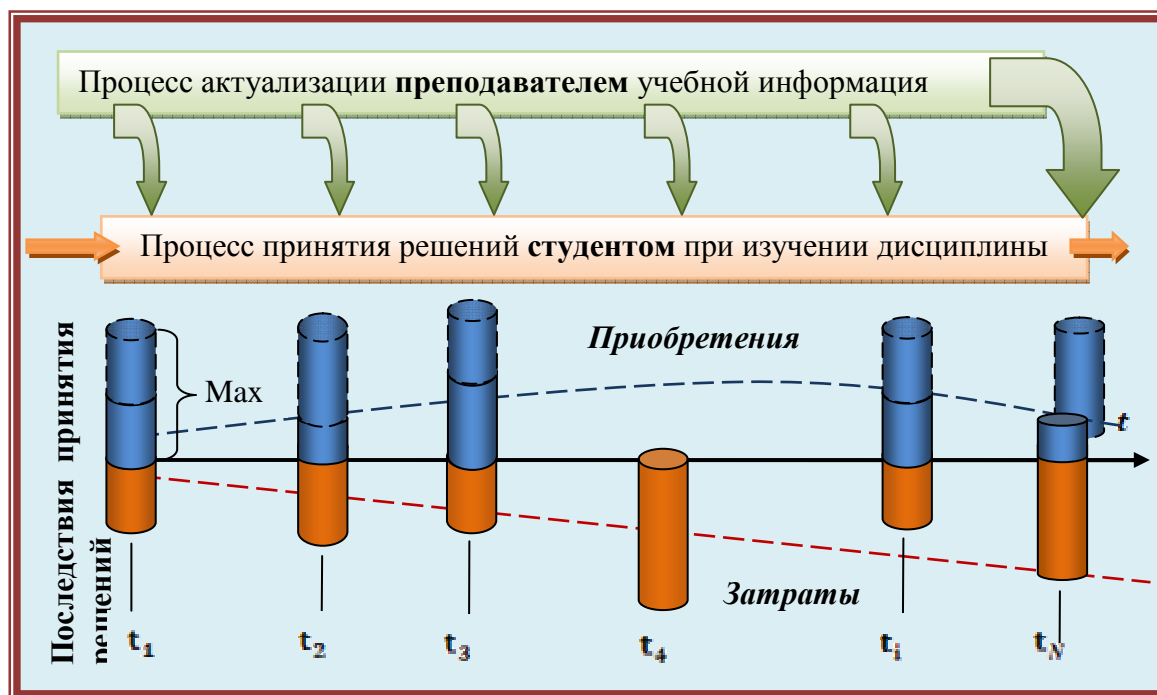


Рисунок 3.17 – Иллюстрация зависимости приобретения знаний и затрат на их получения

Другое граничное значение функции полезности обучения студента характерно для случая, когда студент не ходил на занятия и не приобретал знания. Последствия таких решений приводят к неоправданным максимальным затратам. Затраты на обучение студентов формируются из выплат зарплаты преподавателю, амортизационных, энергетических затрат и др.

3.5 Сложные информационно-управляющие системы и их архитектура

Воспользуемся методами системного анализа, а именно, методами агрегирования, декомпозиции, классификации и др., с целью выявления особенностей архитектуры сложных информационно-управляющих систем, применяемых в системе «высшая школа Украины».

Современный этап развития информационных технологий характеризуется использованием информационно-управляющих систем, под которыми понимают в *широком смысле (SH)* совокупность технического, про-

граммного, организационного и других видов обеспечения, предназначенная для обслуживания информационных потребностей пользователей и автоматизированной выработки решений. В обобщенном виде такую систему можно проиллюстрировать рисунком 3.18.

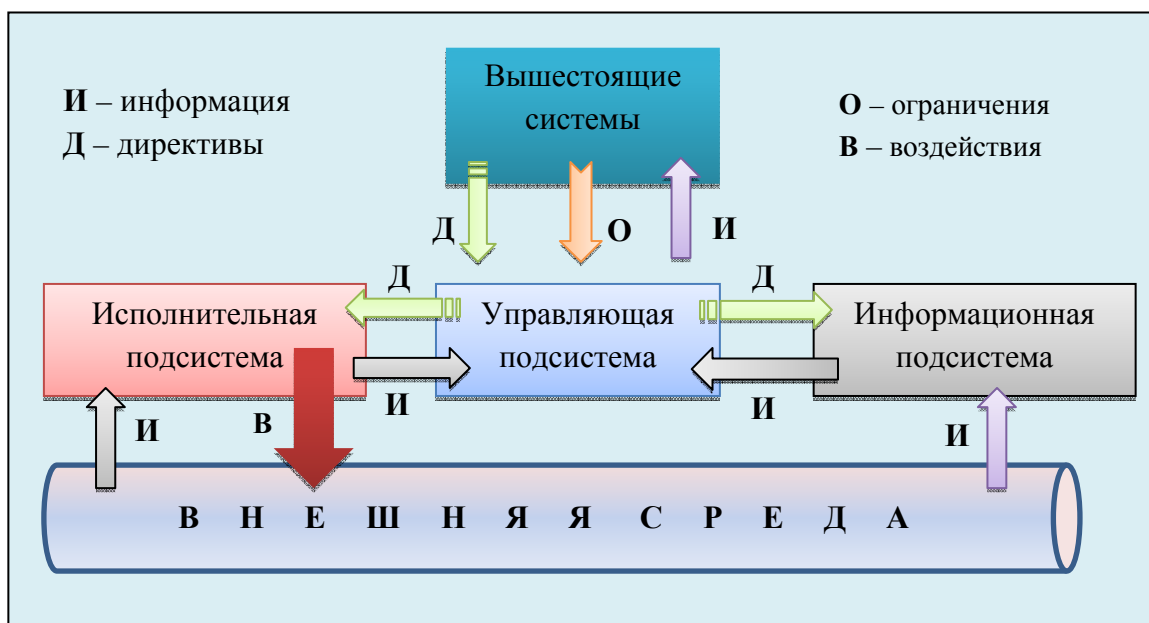


Рисунок 3.18 – Сложная одноуровневая информационно-управляющая система

В узком смысле (YS) информационно-управляющую систему рассматривают как аппаратно-программный комплекс, предназначенный для автоматизации целенаправленной деятельности конечных пользователей. В любом случае основной задачей информационно-управляющей системы является удовлетворение конкретных информационно-управляющих потребностей в рамках конкретной предметной области. Рассматривая «систему высшей школы Украины» как информационно-управляющую систему, можно утверждать, что ее основными подсистемами являются ВУЗы с их организационно-технической структурой.

В узком смысле информационно-управляющей системой является любой участник учебного процесса, использующий компьютер в учебных и воспитательных целях.

Информационно-управляющие системы классифицируются по нескольким признакам.

Классификация информационных систем по их архитектуре. В теории построения информационных систем различают два класса. Настольные и распределенные. Кроме того, информационные системы, построенные на базе вычислительных сетей, могут быть локальными, региональными и глобальными. На рисунке 3.19 показано, что ВУЗ имеет сложную организационно-техническую структуру, которая содержит как настольные ПК, так и распределенные локальные вычислительные сети.

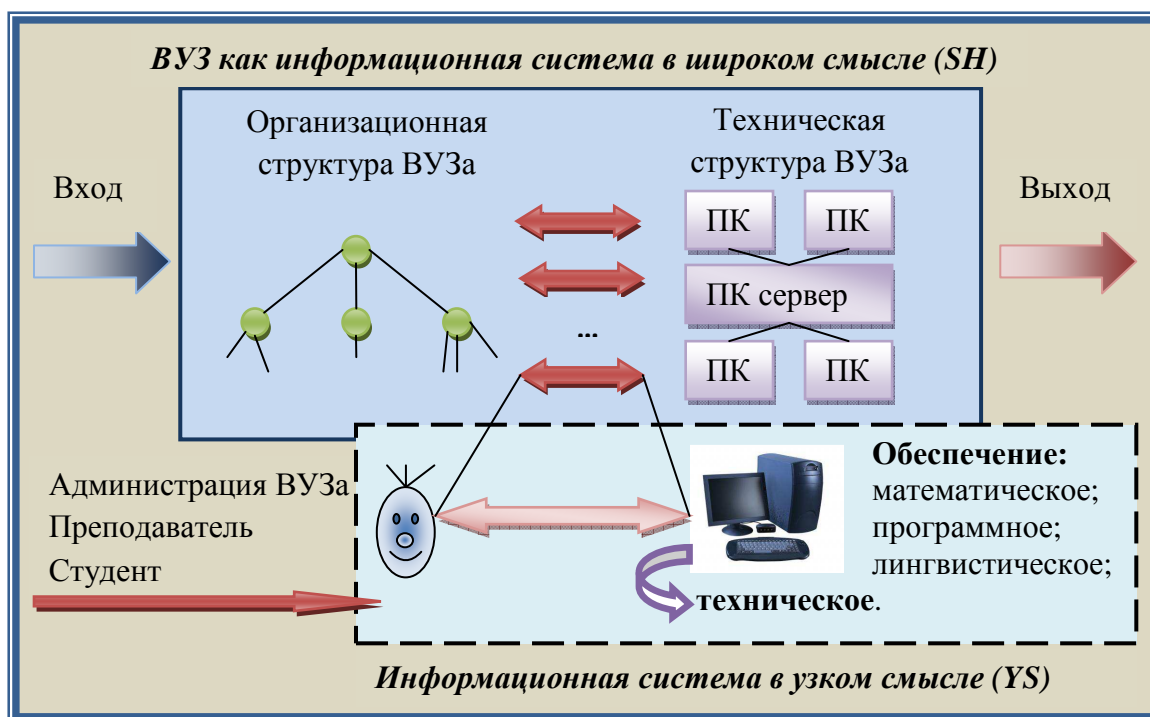


Рисунок 3.19 – Иллюстрация ВУЗа как информационной системы

Для системы высшей школы на региональном уровне (город, область) информационной системой является региональная вычислительная сеть, которая предназначена для решения задач управления высшими и другими учебными заведениями. Региональные вычислительные сети в совокупности можно считать глобальной информационной системой государства, решающей задачи образования и воспитания граждан.

Как правило, техническая часть, т.е. локальная вычислительная сеть, строится с учетом специфики организационной структуры ВУЗа с отдельными компьютерными классами и информационно-вычислительными центрами. Рассмотрим основные топологические схемы архитектуры вычислительных сетей ВУЗа (см. рис. 3.20 – 3.23).

Топология «общая шина», как правило, используется в ВУЗах для создания учебных компьютерных классов, так как обладает рядом преимуществ. Например, отказ одного из компьютеров не влияет на работу сети в целом, сеть легко настраивается и конфигурируется и устойчива к неисправностям отдельных компьютеров.

Топология «общая шина» позволяет создать компьютерный класс в составе до 30 компьютеров. К недостаткам топологии «общая шина» можно отнести следующие: разрыв кабеля может существенно повлиять на работу всей сети; существуют ограничения на длину кабеля и количество компьютеров в сети.

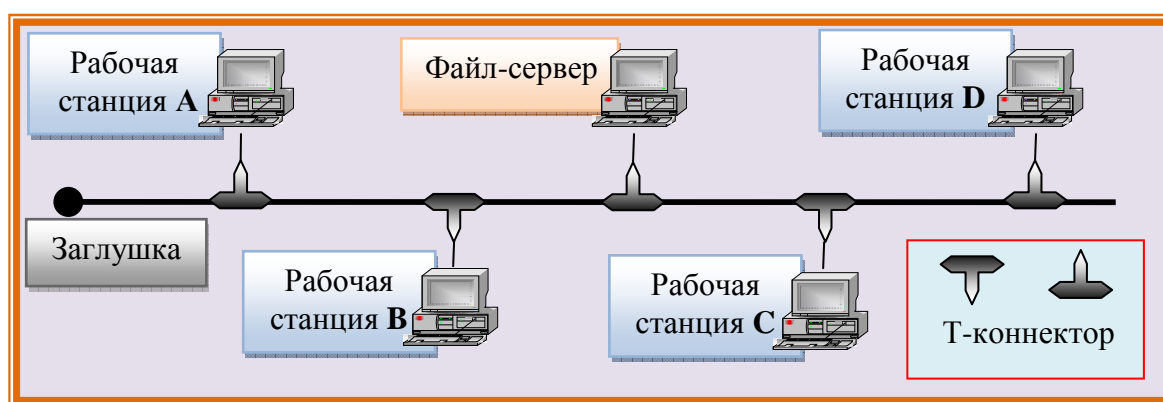


Рисунок 3.20 – Фрагмент вычислительной сети
топологии «общая шина»

На рисунке 3.21 и рисунке 3.22 проиллюстрированы фрагменты вычислительных сетей с топологией «кольцо» и «звезда», которые используются при создании вычислительных сетей кафедр, специальных лабораторий и обслуживающих подразделений ВУЗа. Как правило, вычислительная сеть с топологией «кольцо» применяется редко, так как имеет существенный недостаток.

Неисправности одного компьютера сети или повреждения кабеля приводят сеть в неработоспособное состояние. Поэтому данная топология модифицируется и используется совместно с другими топологиями. Смешанная топология будет рассмотрена ниже.

Вычислительная сеть с топологией «звезда» также имеет ряд достоинств и недостатков. К достоинствам относят следующие: легкое подклю-

чение новых компьютеров; имеется возможность централизованного управления сетью и устойчивость к неисправностям отдельных компьютеров сети.

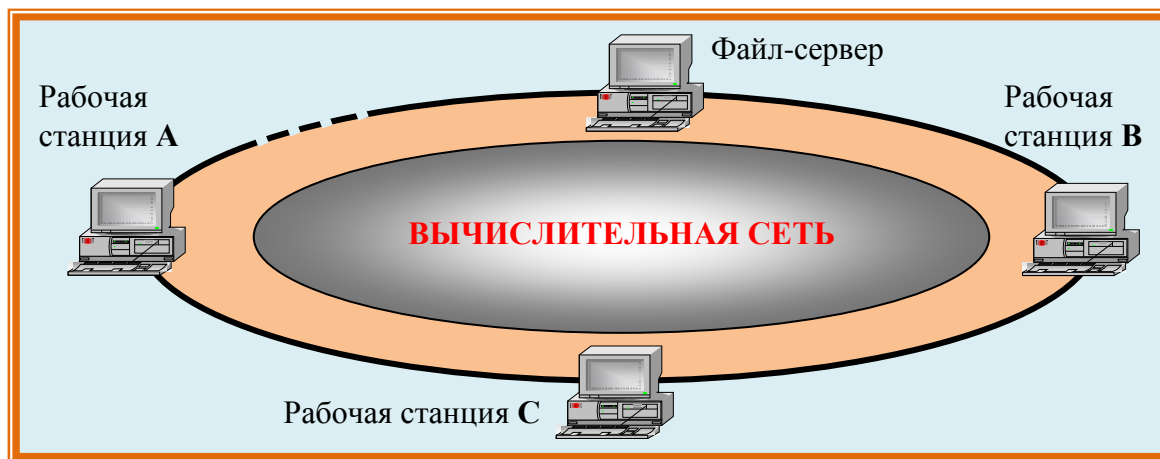


Рисунок 3.21 – Фрагмент вычислительной сети топологии «кольцо»

Недостатком топологии «звезда» считают большой расход кабеля и возможность отказа всей сети в случае выхода из строя файл-сервера (хаба). Этих и других недостатков лишена вычислительная сеть, построенная по смешанной топологии (см. рис. 3.23). Большинство локальных вычислительных сетей ВУЗов построены именно с использованием смешанной топологии.

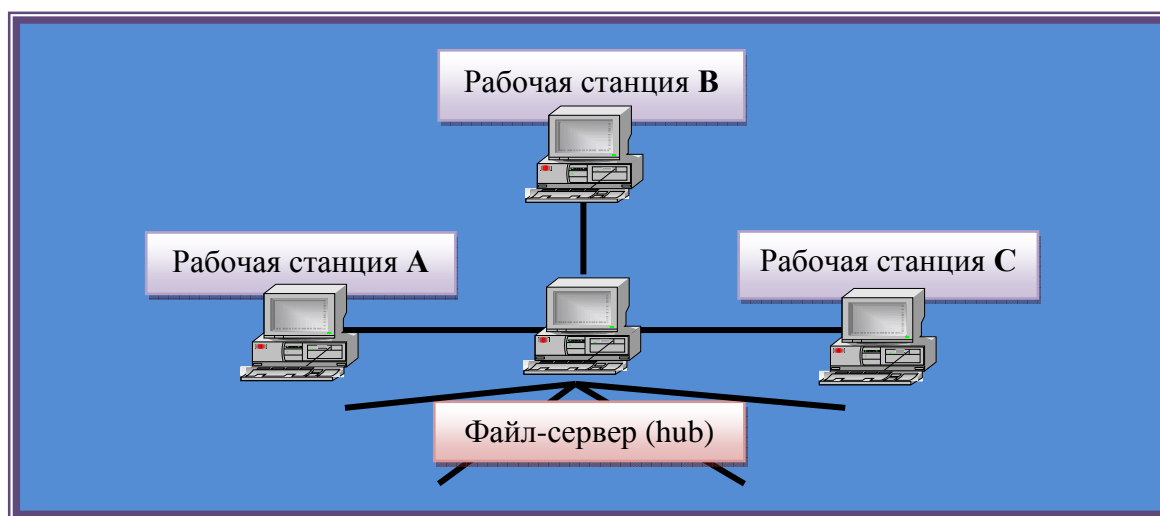


Рисунок 3.22 – Фрагмент вычислительной сети топологии «звезда»

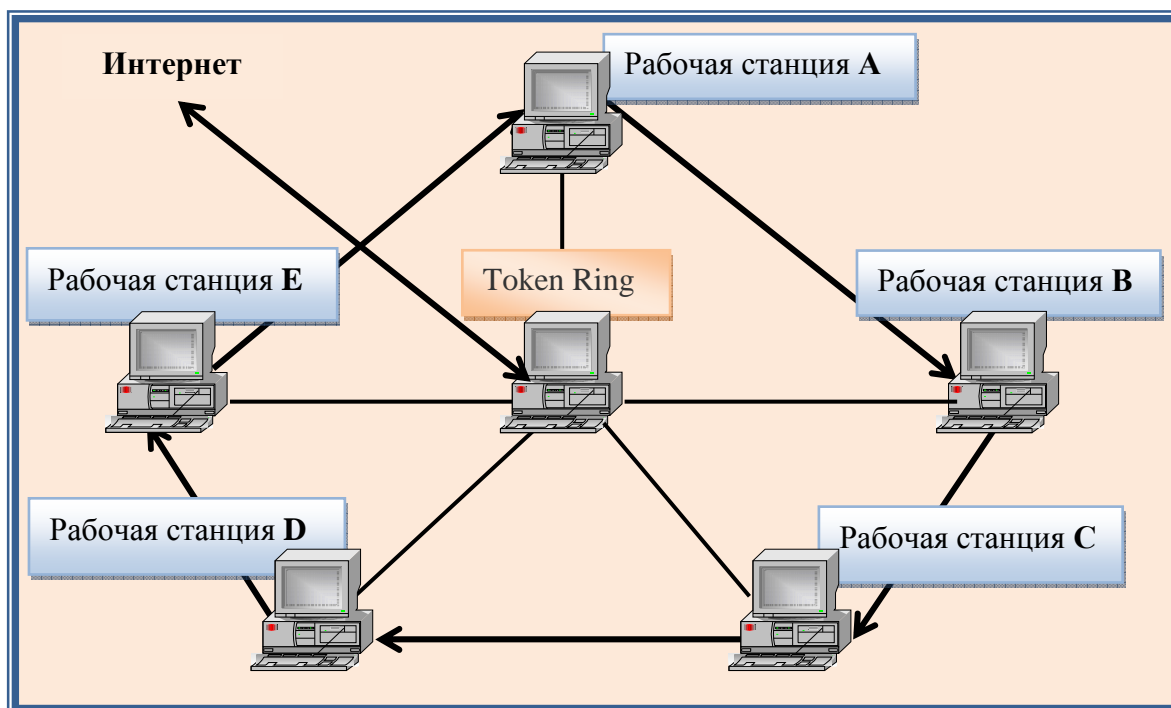


Рисунок 3.23 – Вычислительная сеть со смешанной топологией

Классификация информационных систем по характеру обработки данных. Здесь выделяют два крупных класса информационных систем. К первому классу относят информационно-справочные и информационно-поисковые системы. В крупных высших учебных заведениях такими системами оснащаются библиотеки, информационные центры и некоторые другие подразделения ВУЗов, осуществляющие хранение и учет большого количества данных о личном составе, материальных ценностях и т.д.

Ко второму классу относят автоматизированные системы управления учебными процессами и системы поддержки принятия педагогических решений. В этом классе многие ВУЗы используют лицензионную систему Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment), что в переводе с английского языка обозначает – модульная объектно-ориентированная динамическая учебная среда, которая ориентирована на организацию взаимодействия между преподавателями и студентами. Она позволяет организовывать дистанционные курсы, а также поддержку очного обучения.

Высшее учебное заведение как информационную систему трудно отнести по рассматриваемому признаку к какому-либо из двух классов.

По характеру обработки данных ВУЗ занимает особое место в данной классификации и может быть представлен некоторой интегральной информационно-управляющей системой. Понятие интегрированной системы стандартизовано (см. ДСТУ 2941-94). Здесь *интегрированная система* определена как совокупность двух или более взаимосвязанных систем, в которой функционирование одной из них зависит от результатов функционирования другой (других), поэтому эту совокупность можно рассматривать как единую систему.

Классификация информационных систем по сфере применения. По этому признаку, как высшее учебное заведение, так и систему высшей школы в целом, можно отнести к классу образовательных систем.

Классификация информационных систем по охвату задач (масштабности). Система высшей школы решает множество разнотипных задач, которые можно объединить в группы, и решение которых осуществляются на разных уровнях ее иерархии.

На высшем уровне системы «высшая школа» решаются стратегические и политические задачи управления высшим образованием в государстве. На региональном уровне системы «высшая школа» интегрируется информация о системах высшего образования городов и регионов. Для этого решаются задачи анализа и обобщения успешности работы высших учебных заведений и других образовательных подразделений регионального уровня. На уровне высших учебных заведений непосредственно решаются задачи обучения и воспитания студентов и другие задачи, связанные с научной деятельностью каждого научно-педагогического работника и ВУЗа в целом.

С учетом сложности структуры и специфики задач, решаемых системой высшего образования, можно утверждать, что она представляет собой интегрированную информационно-управляющую систему, и сама образует несколько классов систем. Она содержит класс менее масштабных интегрированных информационно-управляющих систем регионального уровня, которые решают задачи управления высшими учебными заведениями, а также научными и другими подразделениями системы высшей школы. В высших учебных заведениях доминируют процессы преобразования информации в знания и обратно (процессы обучения и воспитания), которые образуют класс информационных знание ориентированных систем. Поясним сказанное рисунком 3.24.

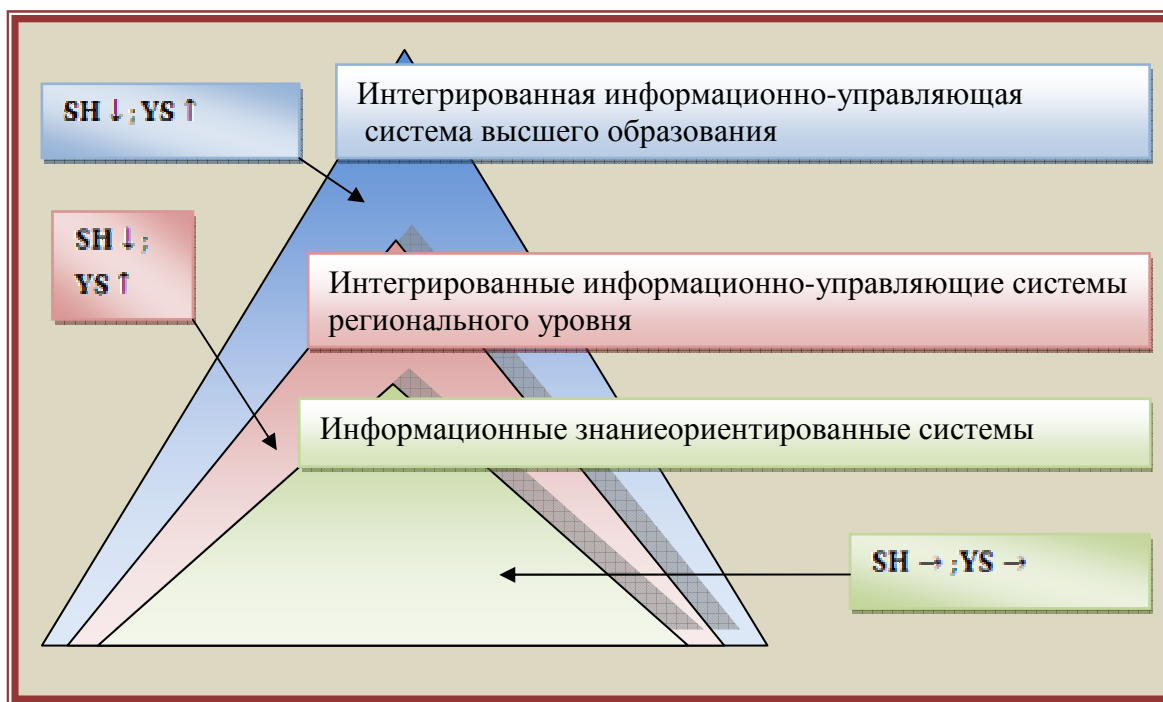


Рисунок 3.24 – Обобщенная схема соответствия степени интеграции и информатизации уровням управления в интегрированной информационно-управляющей системе высшего образования

Здесь приведена в обобщенном виде иерархическая структура интегрированной информационно-управляющей системы (ИИУС) высшего образования с соответствующей оценкой степени интеграции и информатизации. Низкая степень интеграции и информатизации в широком смысле рассматриваемой системы показана символом **SH ↓**, а высокая степень информатизации в узком смысле показана символом **YS ↑**. По аналогии степень интеграции и информатизации для интегрированных информационно-управляющих систем регионального уровня показана такими же символами. Информационные знаниеориентированные системы, т.е. высшие учебные заведения, имеют среднюю степень интеграции и информатизации как в широком смысле **SH →**, так и в узком смысле **YS →**.

Иерархическая структура, вложенный характер систем и подсистем, а также представление информационных систем в широком и узком смысле обуславливают определенный порядок построения и организации *основных элементов* информационных систем – *баз данных* и *баз знаний*, если таковые используются для решения информационно-управленческих задач в системе высшей школы.

Воспользуемся стандартизованными терминами и определениями этих понятий (см. ДСТУ 28764-94).

База данных – совокупность взаимосвязанных данных, организованных согласно схеме базы данных так, чтобы с ними мог работать пользователь.

Распределенная база данных – база данных, физически распределенная на две или больше компьютерных системы.

Система управления базами данных (СУБД) – совокупность программных и языковых средств, которые обеспечивают управление базами данных.

Учитывая приведенные определения и сложную иерархическую структуру высшей школы можно утверждать, что в основе ИИУС должна лежать распределенная база данных, структура которой показана на рисунке 3.25.

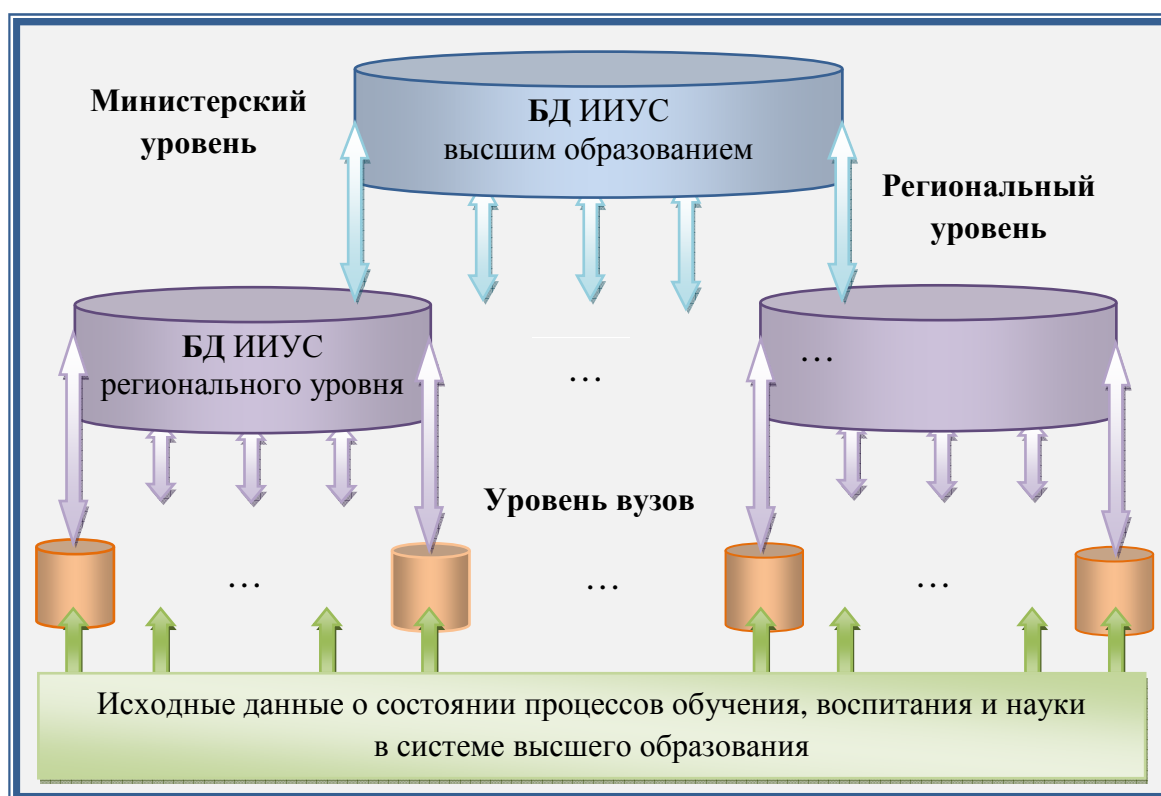


Рисунок 3.25 – Обобщенная схема распределенной базы данных интегрированной информационно-управляющей системы высшим образованием

В базах данных информация может храниться в трех видах. При проектировании баз данных используют следующие модели представления данных: модель данных с *иерархической*, *сетевой* и *реляционной* структурами. В случае построения распределенных баз данных используются комбинированные модели представления данных.

Например, данные об образовательных стандартах имеют иерархическую структуру и должны размещаться в соответствии с их уровнями иерархии. Такую же структуру могут иметь данные при проектировании информационно-управляющей системы ВУЗа «учебный отдел» → «деканаты» → «кафедры». Наиболее распространенной моделью представления данных является реляционная модель, т.е. представление данных в виде двумерных таблиц, которые часто используются при выполнении лабораторных работ, практических заданий, курсового и дипломного проектирования.

Реляционная модель данных использована корпорацией Microsoft Office при создании программы для работы с электронными таблицами Excel, которая позволяет обеспечить при необходимости экономико-статистические расчеты и строить соответствующие графики.

Эта же корпорация разработала реляционную СУБД Access, которая имеет широкий спектр функций, включая связанные запросы, связь с внешними таблицами и базами данных, что позволяет ее использовать не только в учебном процессе, но и для информатизации и автоматизации различных видов обеспечения системы высшей школы.

Многие преподаватели на основе самостоятельно полученных знаний в области информатики создают информационные системы в виде экспертно-обучающих систем, автоматизированных учебных курсов, автоматизированных тестирующих программ, интеллектуальных словарно-справочных средств и т.д.

С одной стороны, создание таких автономных информационных систем повышает качество и эффективность деятельности педагогов, с другой стороны, их разнотипность и структурное многообразие создает проблемы, связанные с унификацией и стандартизацией программного обеспечения информационных систем в сфере образования. Кроме того, разнотипность информационных систем затрудняет их использование в распределенной базе данных, обобщенная структура которой показана на рисунке 3.25. Вместе с тем, отдельные обучающие информационные системы обладают

интеллектуальными свойствами и представляют собой модель профессиональных знаний преподавателя. Такие системы называются *интеллектуальными* и в ДСТУ 2481–94 определены как системы, обеспечивающие решение неформализованных задач пользователя в некоторой предметной области и организующие их взаимодействие с компьютером в привычных понятиях, терминах, образах. В этом же стандарте определены следующие понятия интеллектуальных систем.

База знаний (БЗ) – упорядоченная совокупность правил, фактов, механизмов вывода и программных средств, описывающая некоторую предметную область и предназначенная для представления накопленных в ней знаний.

Система управления базой знаний (СУБЗ) – совокупность программных и аппаратурных средств для организации и ведения базы знаний.

Интеллектуальный интерфейс – совокупность аппаратурных и программных средств, обеспечивающих взаимодействие интеллектуальной системы с пользователем на основе привычных понятий, терминов, образов, присущих определенной сфере интеллектуальной деятельности человека.

Таким образом, рассмотрены особенности построения сложных информационно-управляющих систем на примере высшей школы Украины и показаны топологии вычислительных сетей, используемых в ВУЗах.

3.6 Моделирование сложных систем

3.6.1 Понятие «модель» и «моделирование»

Первоначально *моделью* называли некое *вспомогательное средство, объект, который в определенной ситуации заменял другой объект*. При этом далеко не сразу была понята универсальность законов природы, всеобщность моделирования, т.е. не просто возможность, но и необходимость представлять любые наши знания в виде моделей.

Древние философы считали, что объекты природы можно представить только словесным описанием в результате споров или рассуждений, говоря современной терминологией – языковыми (вербальными) моделями. В результате долгое время понятие «модель» относилось только к материальным объектам специального типа, например, манекен, модели судов, чучела зверей (модели животных) и т.д.

С развитием цивилизации использовались разные толкования термину «модель». Например, моделью называется некий объект-заместитель, который в определенных условиях может заменять объект оригинал, причем имеет существенные преимущества удобства (наглядность, обозримость, доступность испытаний, легкость оперирования с ним и др.).

Одним из этапов развития моделирования был этап осознания модельных свойств чертежей, карт, топологических схем, рисунков и т.д., а также осознания того, что моделями могут служить не только реальные объекты, но и абстрактные, идеальные построения. Типичным примером этому служат математические модели. В результате деятельности математиков, логиков и философов была создана теория моделей. В этой теории модель определяется как результат отображения одной абстрактной математической структуры на другую, также абстрактную, либо как результат интерпретации первой модели в терминах и образах второй.

Подводя итог краткому экскурсу в развитие понятия «модель» и «моделирование» можно сделать вывод, что модель, есть способ существования знаний.

3.6.2 Виды моделей систем

Модель «черного ящика»

Перейдем от первого определения системы, приведенной в п.п. 2.2 к его визуальному эквиваленту. Во-первых, приведенное определение ничего не говорит о внутреннем устройстве системы. Поэтому ее можно изобразить в виде непрозрачного «ящика», выделенного из окружающей среды (см. рис. 3.26).

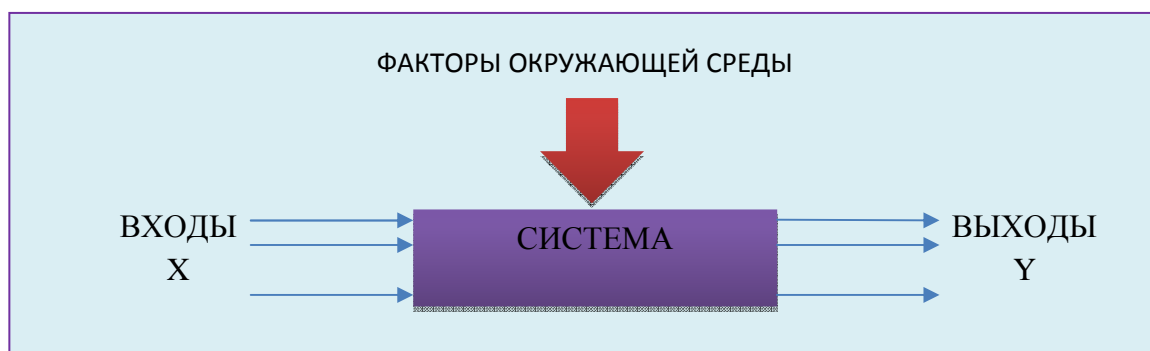


Рисунок 3.26 – Модель «черного ящика»

Подчеркнем, что уже эта, максимально простая модель по-своему отражает два следующих важных свойства системы: целостность и обособленность от среды. Во-вторых, в определении системы косвенно говорится о том, что хотя «ящик» и обособлен, выделен из среды, но не является полностью от нее изолированным.

Иначе говоря, система связана со средой и с помощью этих связей воздействует на среду. Эти связи называются выходами системы. Подчеркнем еще раз, что выходы системы в данной графической модели соответствуют слову «цель» в словесной модели системы (в первом определении). Кроме того, система является средством, поэтому должны существовать и воздействия на нее, т.е. такие связи со средой, которые направлены извне в систему, которые называются входами системы.

В результате построена модель системы, которая получила название «черного ящика» (см. рис. 3.26). Это название образно подчеркивает полное отсутствие сведений о внутреннем содержании системы. В модели задаются только входные и выходные связи системы со средой, т.е. множество X и Y входных и выходных переменных. Такая модель, несмотря на внешнюю простоту и на отсутствие сведений о внутреннем строении системы, часто оказывается очень полезной. Отметим, однако, что построение модели «черного ящика» не является тривиальной задачей, так как на вопрос о том, сколько и какие именно входы и выходы следует включать в модель, ответ не прост и не всегда однозначен.

Модель состава системы

При рассмотрении любой системы обнаруживается, что ее целостность и обособленность, отображенные в модели черного ящика, выступают как внешние свойства. Внутренность же «ящика» оказывается неоднородной, что позволяет различать составные части самой системы. При более детальном рассмотрении некоторые части системы могут быть, в свою очередь, разбиты на составные части и т.д. Те части системы, которые рассматриваются как неделимые, называются элементами (атомарными элементами). Части системы, состоящие более чем из одного элемента, называют подсистемами. При необходимости можно ввести обозначения или термины, указывающие на иерархию частей. В результате получается модель состава системы, описывающая ее подсистемы и элементы, из которых она состоит (см. рис. 3.27).

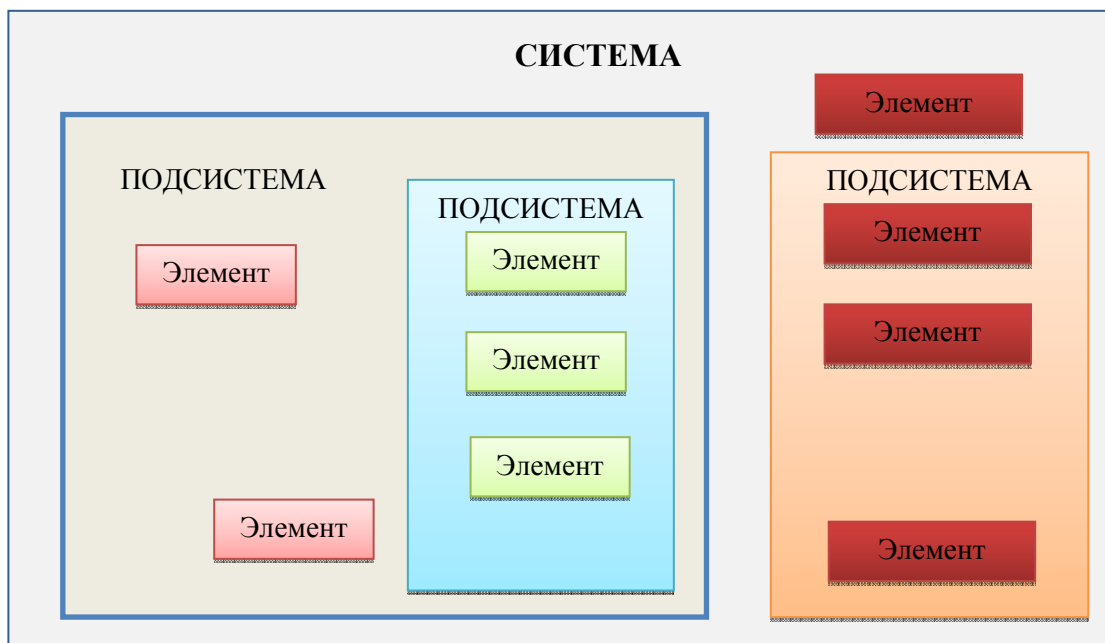


Рисунок 3.27 – Модель состава системы

Модель структуры системы

Несмотря на полезность рассмотренных выше моделей систем, существуют проблемы, решить которые с помощью таких моделей нельзя. Например, чтобы изготовить велосипед, недостаточно иметь отдельные его детали (хотя состав системы известен). Необходимо еще правильно соединить все детали между собой. Другими словами, установить между элементами велосипеда определенные связи – отношения.

Совокупность необходимых и достаточных для достижения цели отношений между элементами называется структурой системы.

Очевидно, что представленные определения охватывают модели «черного ящика», состава и структуры. Все вместе они образуют еще одну модель, которую будем называть структурной схемой системы. В структурной схеме указываются все элементы системы, все связи между элементами внутри системы и связи определенных элементов с окружающей средой (входы и выходы системы).

Рассмотрим, известное всем студентам подразделение ВУЗа «факультет», который представляет собой сложную систему, структурная схема которого показана на рисунке 3.28. Здесь показаны основные связи между учебными и научными подразделениями (подсистемами), а также связь с вышестоящим органом управления ВУЗа, его администрацией. Кроме управляющих (входных) воздействий, система «факультет» имеет и другие

входные данные, например, данные о поступивших в ВУЗ студентах, желающих учиться на данном факультете. Что касается связей с окружающей средой и выходом системы «факультет», то эти связи очевидны. Они направлены в сторону систем экономической, социальной, политической и др.), где можно реализовать знания, умения и навыки выпускников рассматриваемого факультета. Другими словами, выходом системы «факультет» являются выпускники факультета, обладающие определенными знаниями, умениями и навыками. Кроме выпускников ВУЗа выходным продуктом факультета можно считать продукт интеллектуальной деятельности научно-педагогических работников в виде учебно-методической литературы, научных трудов (научных статей, монографий и т.д.), разработанных программ, изобретений и т.д.

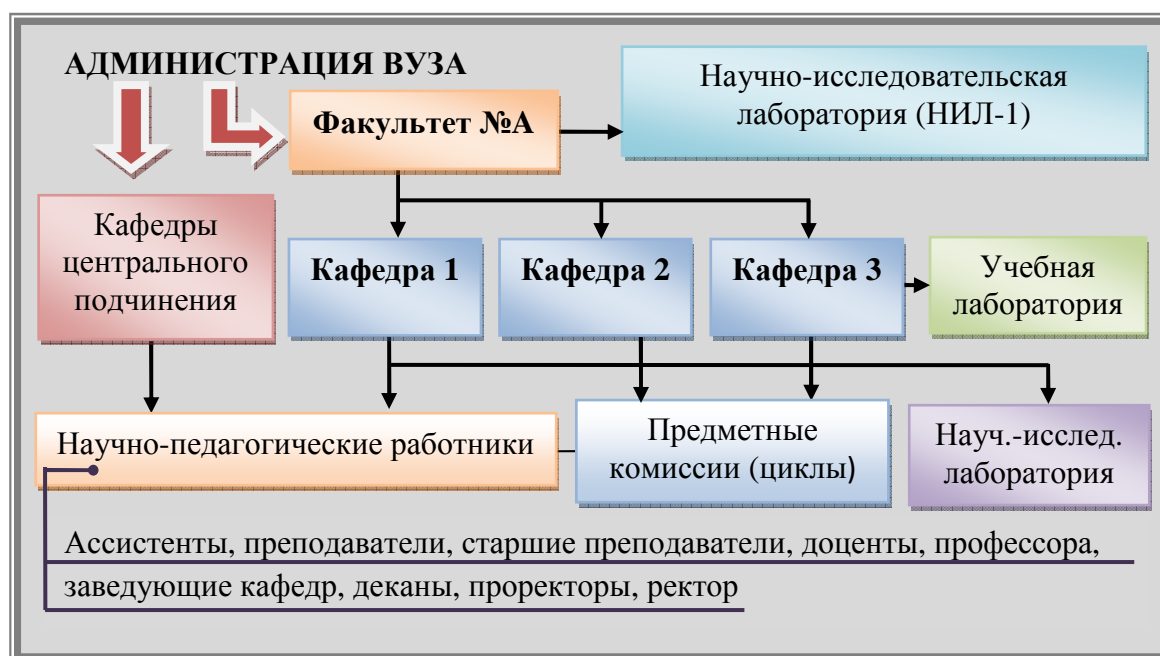


Рисунок 3.28 – Структурная схема некоторого факультета А

Рассматриваемая схема имеет иерархическую структуру, так как подразделения факультета (кафедры, лаборатории и т.д.) имеют собственную структуру. Поэтому иногда такие схемы называют «структурными блок-схемами». В данном случае модели в виде структурных схем предназначены для управления сложными организационными системами.

Приведем еще один пример, отражающий структуру сложных, но уже технических средств. Покажем на рисунке 3.29 блок-схему современного

персонального компьютера. В сложных технических устройствах (системах), таких как компьютер, модель в виде блок-схемы принято называть архитектурой. Структурные модели технических систем предназначены для изучения особенностей функционирования системы, их обслуживания, ремонта и эксплуатации.

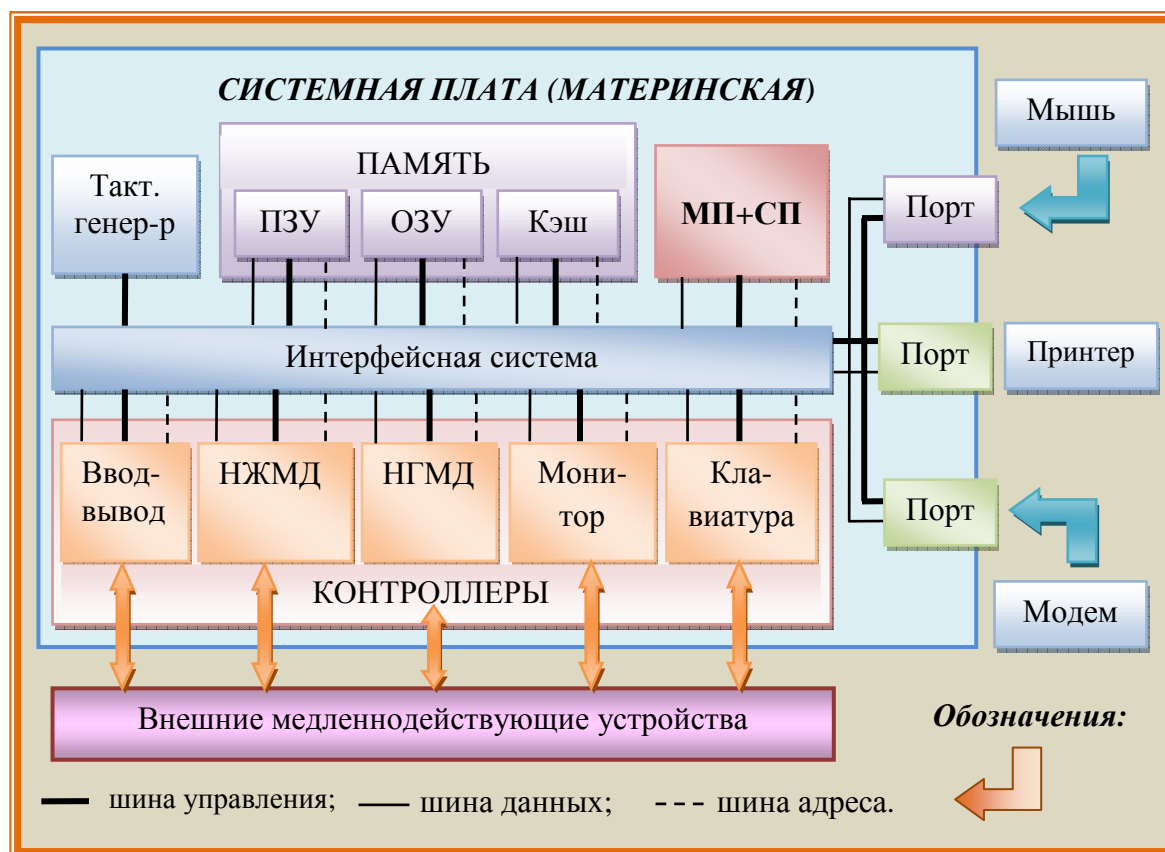


Рисунок 3.29 – Архитектура современного персонального компьютера (вариант)

Структурная схема системы является наиболее подробной и полной моделью любой системы на данном этапе нашего познания. При этом всегда остается актуальным вопрос об адекватности этой модели, который можно решить только на практике.

Таким образом, на основе структурного моделирования показаны основные связи сложной организационной и технической системы.

3.6.3 Модели логики, динамики развития и функционирования сложных систем

До сих пор, основное внимание было уделено понятию системы, ее составу и устройству. Были рассмотрены статические модели, т.е. модели без учета временного параметра. Следующий шаг в исследовании систем состоит в том, чтобы понять и описать, как система «работает», что происходит с ней самой и окружающей средой в ходе реализации поставленной цели.

Системы, в которых происходят какие бы то ни было изменения со временем, называются динамическими, а модели, отображающие эти изменения, – *динамическими моделями систем*.

Для разных объектов и систем разработано большое количество динамических моделей, описывающих процессы с различной степенью детализации. Однако всегда развитие моделей происходит в той же последовательности, как это было изложено выше: от «черного ящика» к «белому ящику», раскрывающему суть функционирования и развития систем. Возникает вопрос, что задает динамику в сложных динамических системах. В рассмотренной выше системе «факультет» ее динамика определяется законами о высшем образовании, уставом ВУЗа, соответствующими инструкциями, расписанием учебных занятий, функциональными обязанностями участников учебного процесса и другими директивными документами.

Различают два параллельных динамических процесса, которые, с одной стороны, отражают эволюцию (модернизацию), а с другой стороны, функционирование, обеспечивающее достижение, тех или иных целей.

Развитие и функционирование сложных систем

Уже на этапе исследования «черного ящика» различают два типа динамики системы: функционирование и развитие. Под функционированием подразумевают процессы, которые происходят в системе, стабильно реализующей фиксированную цель. Функционируют, например, компьютер, копировальные аппараты, городской транспорт, средства передачи информации, подъемные механизмы и т.д.

Эволюционным развитием называют то, что происходит с системой при изменении ее целей. Характерной чертой эволюционного развития является тот факт, что существующая структура перестает соответствовать

новой цели. Для обеспечения выполнения новой функции приходится изменять структуру, а иногда и состав системы, т.е. перестраивать всю систему.

Ярким примером эволюционного развития могут служить вычислительные средства, которые прошли путь в 372 года от механического арифмометра, изобретенного в 1642 году Блезом Паскалем, до современных электронных вычислительных персональных средств в виде персональных компьютеров (ПК). Если целевым назначением арифмометра Паскаля было ускорение вычисления арифметических операций при сборе налогов, так как отец Паскаля был сборщиком налогов, то современные ПК являются многоцелевыми и могут использоваться для вычислений, управления, мониторинга, контроля, построения моделей и т.д. На рисунке 3.30, а и б для сравнения показан внешний вид (черный ящик) машины Паскаля и современного ПК.

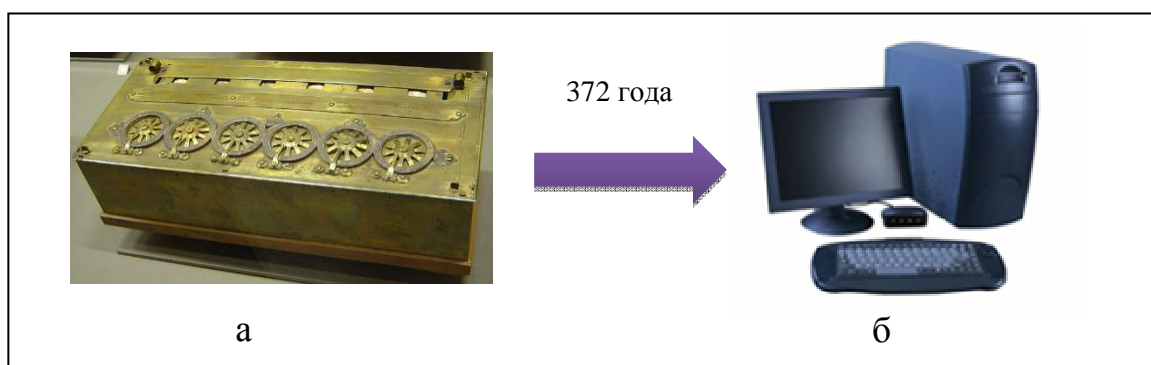


Рисунок 3.30 – Общий вид машины Паскаля и современного ПК

Рассмотрим логику функционирования сложных систем, используя при этом примеры функционирования современных вычислительных средств. Ранее было отмечено, что динамические модели предназначены для изучения и познания сложных динамических систем. Для создания моделей таких систем используют понятие алгоритма. По определению алгоритм – это набор инструкций, описывающих порядок действий исполнителя для достижения результата решения задачи за конечное число действий.

На рисунке 3.31 покажем эволюцию структуры вычислительных средств.

Если функционирование арифмометра Паскаля можно задать простой последовательностью арифметических операций, то это не требует графич-

ческой интерпретации (построения динамической модели, т.е. алгоритма) с целью получения результата вычислений. Такие алгоритмы называют линейными. Логика функционирования современных вычислительных средств значительно сложнее. Рассматривая функционирование ПК как сложный процесс, различают два вида алгоритмических моделей.

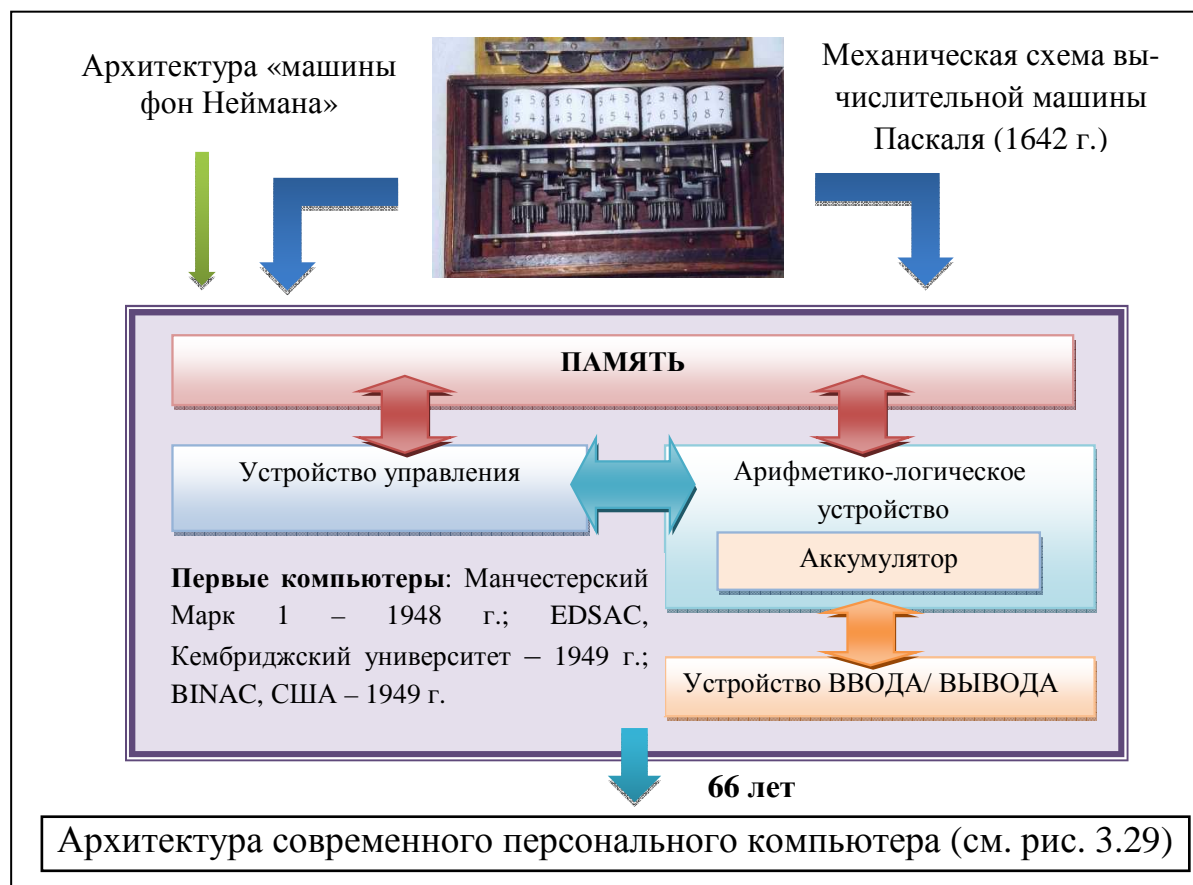


Рисунок 3.31 – Иллюстрация эволюционного развития структуры вычислительных средств

Во-первых, это алгоритмические модели собственно функционирования вычислительных средств. Например, на рисунке 3.32 показан один из комплексов алгоритмов, обеспечивающих функционирование ПК, – алгоритм опроса матричной клавиатуры. Алгоритмическая модель или блок-схема алгоритма опроса клавиатуры ПК состоит из блоков, функциональное назначение которых приведено на рисунке 3.33.

Во-вторых, это алгоритмические модели прикладных задач, которые решаются при помощи вычислительных средств. Одной из распространенных прикладных задач является задача выбора при принятии решений человеком.

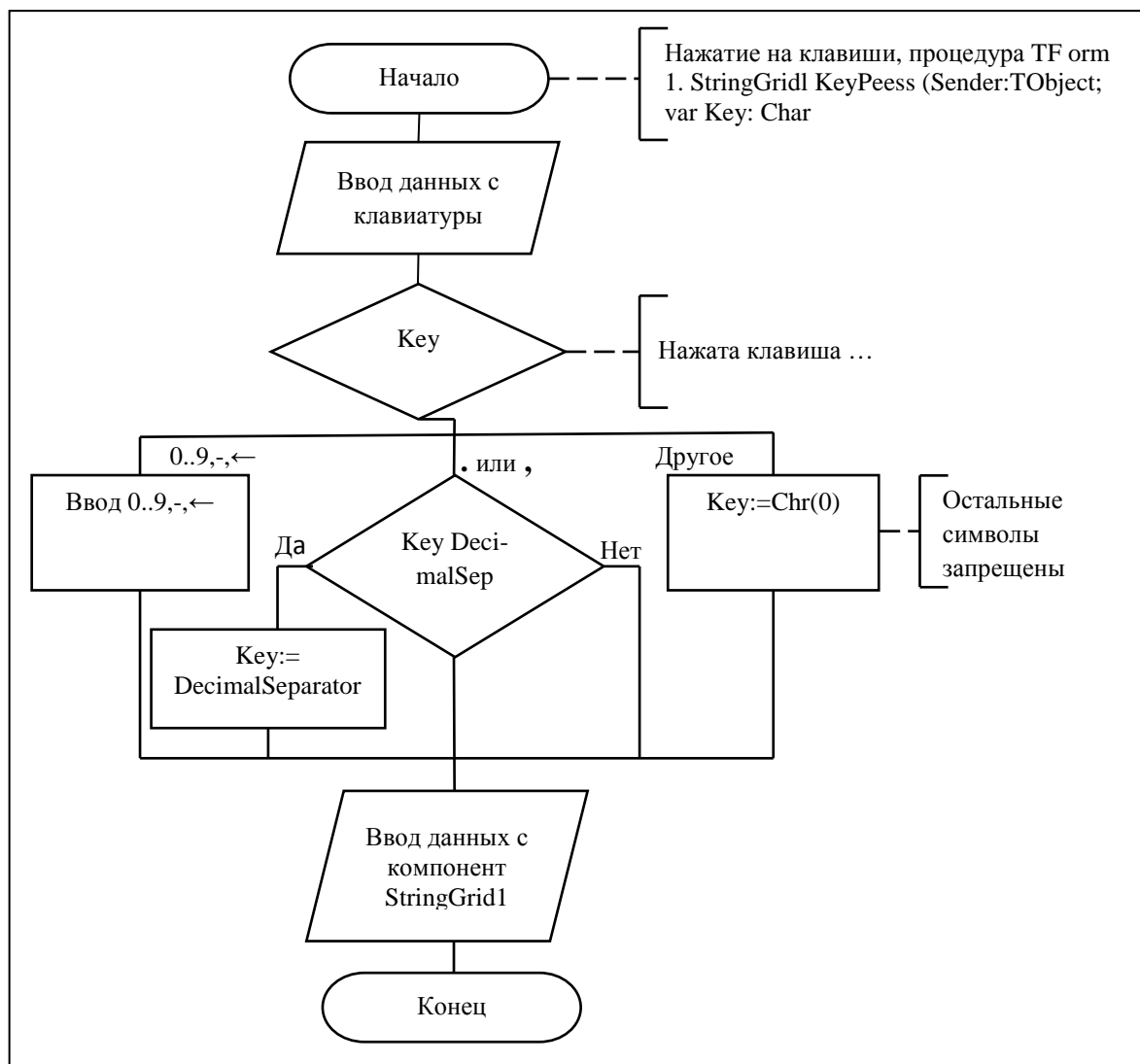


Рисунок 3.32 – Алгоритмическая модель опроса матричной клавиатуры ПК

Покажем на рисунке 3.34 в обобщенном виде алгоритмическую модель решения, на первый взгляд, этой простой задачи.

В зависимости от условий и сложности в процессе моделирования на практике используют следующие способы создания алгоритмических моделей:

- вербальный или пошагово словесный;
- формального представления в виде математических формул;
- табличный, задающий бинарные отношения;
- с использованием языка блок-схем, показанный на примерах выше;
- с использованием машинных кодов;
- с использованием одного из языков или систем программирования.

Если алгоритмические модели показывают последовательность и логику выполнения операций в сложных технических электронных системах, то временные диаграммы функционирования ее отдельных элементов показывает модель процесса, развернутого во времени. На рисунке 3.35 показана принципиальная схема одного из самого распространённого элемента вычислительной техники – триггера.

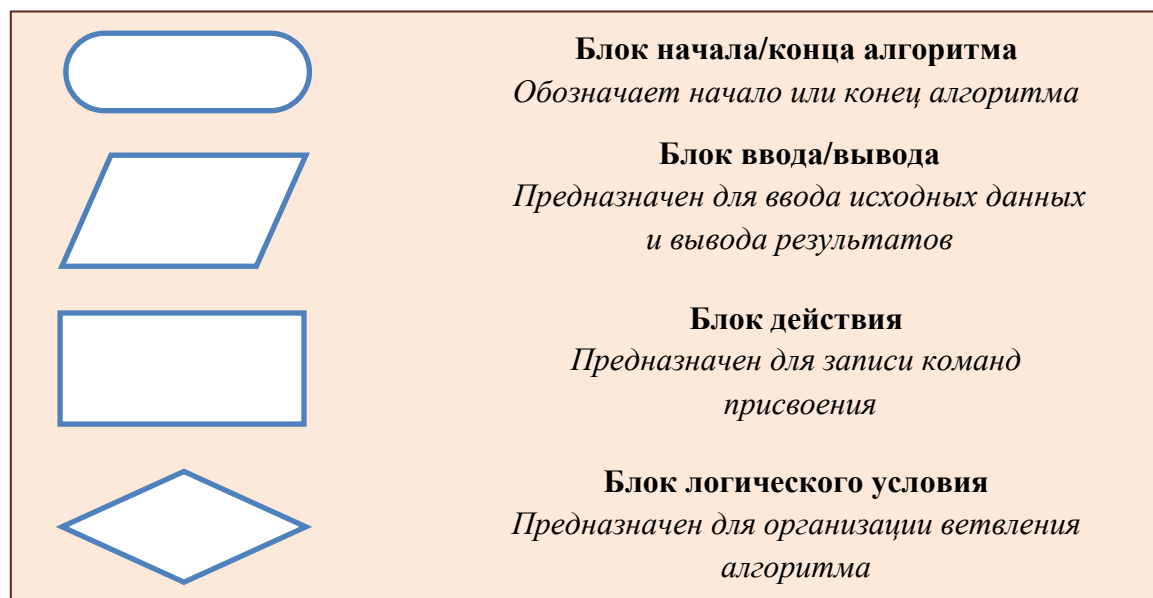


Рисунок 3.33 – Блоки алгоритмической модели опроса матричной клавиатуры ПК (элементы блок-схем)

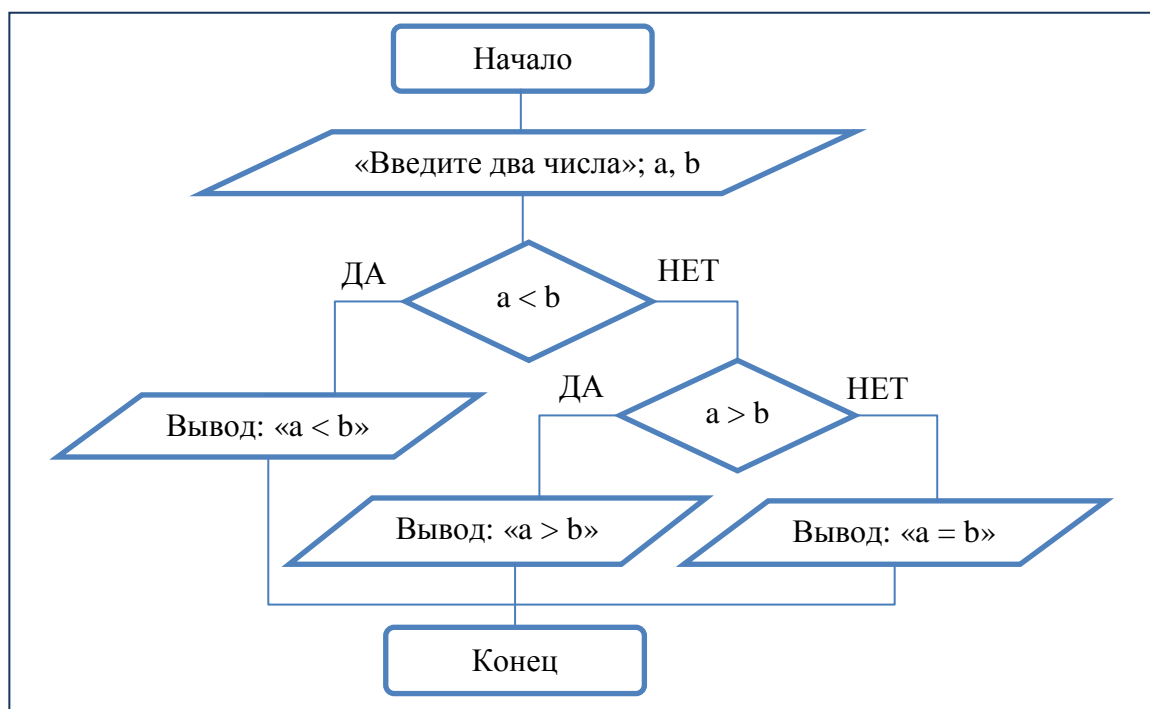


Рисунок 3.34 – Обобщенный алгоритм выбора

Триггер (триггерная система) – класс электронных устройств, обладающих способностью длительно находиться в одном из двух устойчивых состояний и чередовать их под воздействием внешних сигналов. Каждое состояние триггера легко распознается по значению выходного напряжения (+ или 0).

В настоящее время имеется много разновидностей триггеров. На рисунке 3.35 показан самый простой RS-триггер, отличительной особенностью которого является свойство запоминания двоичной информации.

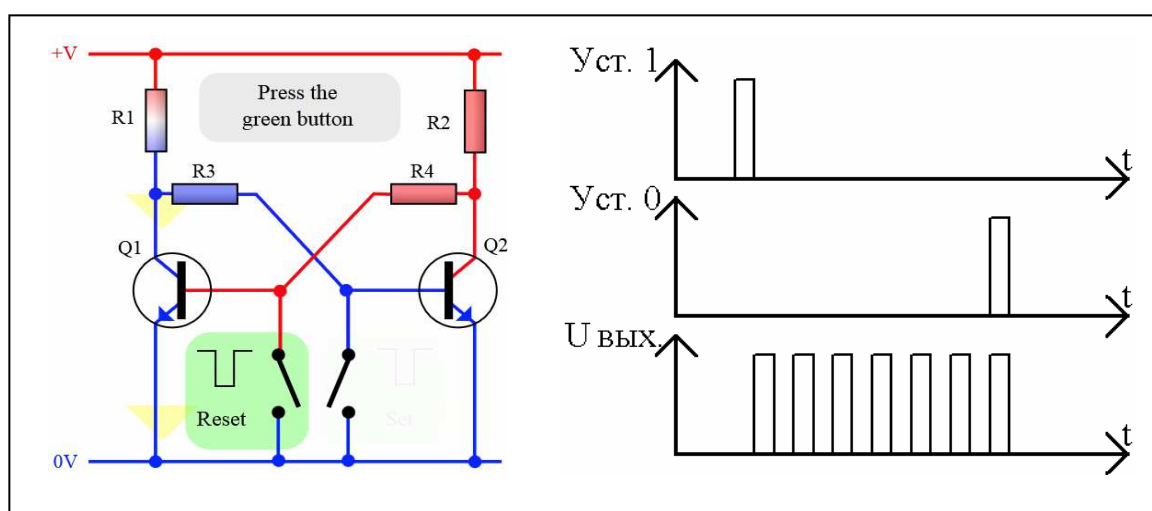


Рисунок 3.35 – Принципиальная схема RS-триггера и временная диаграмма его работы

Высокая эффективность методов алгоритмизации привела к развитию как вычислительных средств, так и к созданию моделей искусственного интеллекта.

Таким образом, рассмотрены основные понятия и этапы моделирования сложных систем. На примерах организационной системы (факультет ВУЗа) и сложной технической системы (компьютер) показана их структура и динамика функционирования.

3.7 Системно-синергетический подход как метод исследования самоорганизующихся систем

Системно-синергетический подход в системном анализе играет важную роль при изучении самоорганизующихся, динамических и нелиней-

ных систем. Элементы использования системно-синергетического подхода уже использовались ранее в п.п. 1.2 и 2.7.

Приведем основные определения.

Самоорганизация – процесс упорядочения в системе элементов и связей за счёт внутренних факторов без внешнего специфического воздействия.

Синергия, синергический эффект (от греч. synergós – вместе действующий) – возрастание эффективности функционирования совокупности отдельных устройств при их соединении в единое целое за счет так называемого системного эффекта эмерджентности.

Гомеостаз – саморегуляция, способность открытой системы сохранять постоянство своего внутреннего состояния посредством скоординированных реакций, направленных на поддержание динамического равновесия без внешнего воздействия.

Фрактал (лат. fractus – дробленный, сломанный, разбитый) – сложная геометрическая фигура, обладающая свойством самоподобия, то есть составленная из нескольких частей, каждая из которых подобна всей фигуре целиком. В более широком смысле под фракталами понимают множества точек в евклидовом пространстве, имеющие дробную метрическую размерность (в смысле Минковского или Хаусдорфа), либо метрическую размерность, строго большую топологической.

Точка бифуркации – критическое состояние системы, при котором система становится неустойчивой относительно флуктуаций и возникает неопределенность: станет ли состояние системы хаотичным или она перейдет на новый, более дифференцированный и высокий уровень упорядоченности.

Использование системно-синергетического подхода возможно только при определенных условиях, к которым относятся:

- наличие сложности и открытости систем;
- существование равновесия (неравновесия) открытой системы, где ее энтропия максимальна (минимальна);
- возникновение нового порядка и усложнение системы за счет флуктуаций (случайных отклонений) состояний их элементов и подсистем;
- наличие в системе положительных обратных связей, которые преобладают над отрицательными обратными связями;
- сложная система является конфигурируемой.

Данные условия полностью соответствуют условиям развития и функционирования современных образовательных систем. Кроме того, в работах [7, 8] убедительно показано, что ОС является динамической и нелинейной, так как ее основу составляет мыслительная (интеллектуальная) деятельность человека (студента, преподавателя и администратора ВУЗа).

*Принципы системно-синергетического подхода к исследованию
сложных систем:*

- синергетика изучает системы разных уровней организации, связь между ее элементами осуществляется через хаос;
- при объединении систем в метасистему она приобретает новые свойства, отсутствующие в исходных системах;
- общее для всех систем: спонтанное образование, изменения на макроскопическом уровне, возникновение новых качеств, этап самоорганизации;
- неравновесность в системе является источником появления новой организации;
- системы всегда открыты и обмениваются энергией / информацией с внешней средой;
- процессы локальной упорядоченности совершаются за счет притока энергии извне;
- в сильно неравновесных условиях системы начинают воспринимать те факторы, которые они бы не восприняли в более равновесном состоянии;
- в неравновесных условиях независимость элементов уступает место корпоративному поведению;
- вдали от равновесия согласованность поведения элементов возрастает;
- в условиях, далеких от равновесия, в системах действуют бифуркационные механизмы – наличие точек раздвоения продолжения развития.

**3.8 Пример системно-синергетического подхода
в исследовании образовательных систем
(Постановка проблемы на вербальном уровне)**

Анализ современного состояния образования, в том числе и высшего, показывает, что существует комплексная проблема, которая охватывает важнейшую из составляющих общества – образовательную систему госу-

дарства. С одной стороны, быстрыми темпами развивается методология педагогики, как наука об обучении и воспитании человека, с другой стороны, разработанные в сотнях, и тысячах кандидатских и докторских диссертациях методы, методики, педагогические системы и технологии оказывают слабое влияние на педагогическую практику и не выводят общество на более высокий образовательный уровень. Возникает вопрос, где находится источник противоречий, в методологии или педагогической практике? Для ответа на этот вопрос необходимо проанализировать эволюционное развитие педагогической мысли, развитие и смену методологических парадигм педагогики и провести сравнительный анализ практической деятельности выдающихся педагогов с учетом особенностей развития и смены общественно-экономических формаций. Очевидно, что содержательная часть таких исследований не является предметом изучения дисциплины «Основы теории систем» и здесь представлена не будет.

Многие современные авторы учебников и учебных пособий по педагогике и психологии высшей школы придерживаются антропоцентрического подхода при формулировке дефиниции, что есть объект исследования педагогики [29, 30]. В основном, в качестве объекта исследований, выбирают систему педагогических явлений, связанных с развитием индивида. Такое представление объекта исследований в педагогике предложено выдающимся педагогом XX века А. С. Макаренко еще в 1922 году. За прошедшее столетие произошли огромные по масштабам структурные преобразования, как в обществе, так и в методологии науки и в частности педагогической. Современное общество развивается по пути интеграции, информатизации и усиления коммуникационных связей между системообразующими структурами государства. Усиливаются и становятся все более разнообразными отношения между образовательными системами, в частности европейских государств.

Методология педагогики в своем развитии за последние сто лет характеризуется сменой нескольких методологических парадигм, связанных с достижениями научно-технической революции. Ее структура от простой, состоящей из трех научных направлений и теорий (дидактики, школоведения и теории воспитания) преобразовалась в сложную структуру, состоящую из множества теорий и научных направлений. Кроме того, новые и оригинальные результаты в области обучения и воспитания человека по-

лучены в рамках других наук, таких как психология, социология, экономика, кибернетика и т.д.

В этих условиях целесообразно перейти от антропоцентрического к системно-синергетическому подходу в педагогических исследованиях.

Из вышесказанного очевидно, что **целью** исследований современных образовательных систем может быть развитие методологических основ педагогики за счет использования методической базы синергетики – науки, изучающей эволюцию сложных систем, развитие структур, процессы и явления их самоорганизации.

Расширим объект исследования педагогики от системы педагогических явлений (А. С. Макаренко) до **системы** образования и воспитания человека, где индивиды с учебными, образовательными и воспитательными отношениями составляют системообразующую основу ее структуры. Тогда систему «высшая школа» можно интерпретировать многоуровневой пирамидой, каждый уровень которой состоит из множества сложных подсистем, имеющих также сложную иерархическую структуру (см. рис. 3.36). Видно, что существующая формулировка объекта исследований педагогики в основном охватывает только уровень обучения и воспитания, а предложенное определение позволяет расширить область исследований и решать проблемы обучения и воспитания комплексно, учитывая при этом иерархическую структуру управления вплоть до нейронного уровня усвоения знаний и преобразования их в умения. Кроме того, исследовать проблемы стандартизации образования во взаимосвязи со структуризацией знаний на нейронном уровне.

Сложность и разнотипность связей в рассматриваемой структуре обусловливается и определяется функциональными задачами, которые решаются на разных уровнях иерархии образовательной системой. Связи и отношения в структуре образовательной системы носят детерминированно-стохастический характер. С одной стороны, множество связей и отношений в рассматриваемой системе должны реализовываться в строгом соответствии с распорядком рабочего дня субъектов образовательной системы, расписанием занятий, циклами обучения и т.д. С другой стороны, множество как объективных, так и субъективных факторов, оказывающих влияние на элементы образовательной системы в различные промежутки времени ее функционирования дают основания считать ее детерминированно-стохастической.

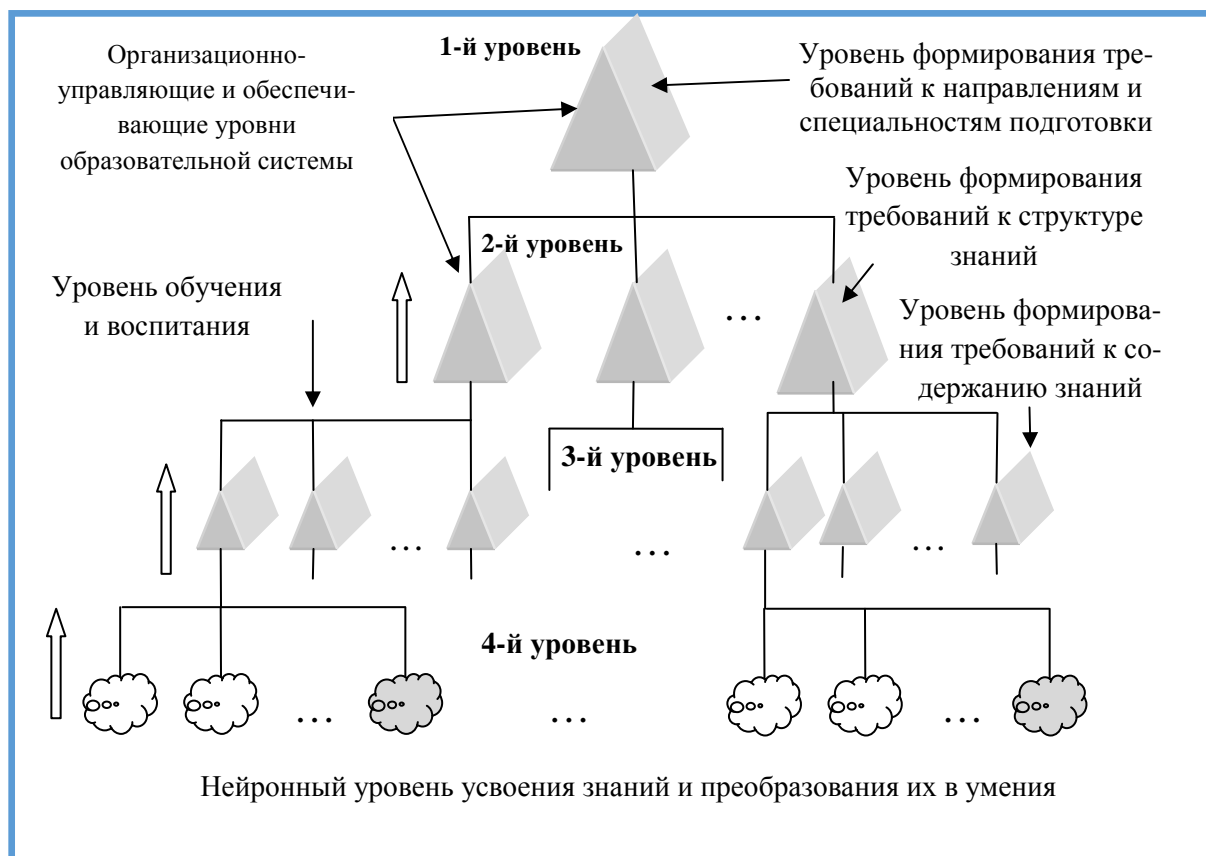


Рисунок 3.36 – Обобщенная схема образовательной системы

В терминах синергетики сложные системы с такой структурой называются квазиупорядоченными, и чем больше на них оказывает влияние стохастическая составляющая, тем ближе они находятся к состоянию хаоса.

Возникает вопрос, можно ли такую структуру назвать фракталом? Понятие фрактала приведено в предыдущем подразделе. Фракталы обладают свойством полного или частичного самоподобия, а также нетривиальной структурой на всех уровнях, т.е. для фрактала увеличение масштаба не приводит к упрощению структуры. Кроме того, фрактал должен обладать дробной метрической размерностью или метрической размерностью, превосходящей топологическую.

Абстрагируемся от понятия фрактала как сложной геометрической фигуры и проанализируем структуру, изображенную на рисунке 3.36 с точки зрения фрактальных свойств. Здесь показано, что структура имеет дуальные свойства. С одной стороны (слева), показано, что структура образовательной системы содержит элементы управления в виде обратной связи от самого низшего нейронного уровня до наивысшего уровня – организационно-управляющего. С другой стороны (правой), уровни иерар-

хии образовательной системы рассматриваются как система подобий. Сначала системой формируются границы предметных областей в виде соответствующих множеств направлений и специальностей, затем на этих множествах задаются их структуры, которые наполняются содержанием. С точки зрения фрактального анализа система взаимосвязанных процедур (создания образовательных стандартов) предназначена для того, чтобы у обучающихся на нейронном уровне сформировать систему знаний подобных элементам верхних уровней иерархии образовательной системы.

Установление определенных границ в предметной области и ее структуре, а также разбиение на множество дисциплин и множество методов и методик их изложения аналогично созданию известных и показательных фракталов, таких как множество Кантора, треугольник Серпинского, дерево Пифагора и др. Кроме того, структура образовательной системы, хотя она и рассматривается в обобщенном виде, имеет различные уровни общности (масштаба) и не приводит к ее упрощению на нейронном уровне.

Приведенная аналогия дает основания считать, что структура образовательной системы обладает двумя из трех фрактальных свойств. Осталось обосновать, соответствует ли исследуемая структура, третьему фрактальному свойству, а именно, обладает ли она дробной метрической размерностью или метрической размерностью, превосходящей топологическую. Для этого необходимо проанализировать пространственно-временные характеристики образовательной системы, которые определяют структуру и порядок ее функционирования.

Практика показывает, что в настоящее время отсутствует полная и научно обоснованная система показателей, характеризующая состояние образовательной системы как сложной функционирующей системы в определенный момент времени. Подобной системой оценочных показателей можно считать систему макро- и микроэкономических показателей, которые используются при оценивании состояния экономической системы государства. Для оценки экономической системы разные страны используют разное количество оценочных показателей (индексов), например, США используют 40 макроэкономических и множество микроэкономических показателей.

Очевидно, такой подход к оцениванию сложных систем можно использовать и для оценки состояния образовательной системы, выделяя при

этом макро- и микро-показатели, индексирующие состояние системы на разных уровнях ее иерархии и систему в целом.

К сожалению, в настоящее время существуют лишь отдельные методики, например, методика оценки рейтинга высших учебных заведений, рекомендованная ЮНЕСКО [31], а также система показателей оценивания при лицензировании и аккредитации ВУЗов и отдельных специальностей, которая состоит из 100 показателей [32].

Важным и дискуссионным остается вопрос об оценивании на третьем уровне иерархии образовательной системы, т.е. оценивания деятельности и знаний основных субъектов образовательного процесса, к которым относятся студенты, научно-педагогические работники и обеспечивающий персонал.

К сожалению, у многих преподавателей, как опытных, так и начинающих, до сих пор нет четкого представления о том, что необходимо оценивать – учебную деятельность студентов, их успеваемость или знания, умения и навыки? Какие критерии использовать в процессе оценивания: свои личные или заимствованные и апробированные другими более опытными преподавателями? Что преподаватели оценивают, качество знаний или их количество? Какое соотношение должно быть между знаниями и умениями? Какая мера используется в процессе оценивания и зачем соотносить буквенное представление оценок с количественными оценками?

Очевидно, ответы на эти вопросы надо искать в самой сути процедур накопления, оценивания и самооценки знаний на четвертом нейронном уровне усвоения знаний и преобразования их в умения (см. рис. 3.36). Результаты моделирования приобретения профессиональных знаний обучающимися с учетом их забывания, а также процедуры создания модели профессиональных знаний преподавателей приведены в работе [15]. Они свидетельствуют о том, что мозговая деятельность студентов в процессе обучения направлена на формирование образа учебного материала и его структуры. Элементарная процедура оценивания в данном случае сводится к оцениванию степени подобия знаний студента знаниям преподавателя. Проиллюстрируем эту процедуру рисунком 3.37. Возникает вопрос, всегда ли результат соотнесения нечеткого понятия «знания преподавателя» нечеткому понятию «знания студента» дает целое число?



Рисунок 3.37 – Иллюстрация оценивания степени подобия знаний преподавателя со знаниями студента

Этим вопросом ставится под сомнение принятая в настоящее время кредитно-модульная система оценивания европейских стандартов. Вместе с тем, педагогическая практика показывает, что преподаватель способен оценивать знания студентов на основе нечетких или лингвистических шкал добавляя к целому числу «+» или «–», лингвистические оценки «чуть лучше», «оценка между хорошо и отлично» и т.д.

В пользу фрактальной организации наших знаний свидетельствует множество факторов, в частности создание и использование нейрокомпьютеров, в основе функционирования, которых лежат модели нейронных сетей различной конфигурации, приспособленные к обучению и решению сложных задач [33].

Проанализируем два способа оценивания знаний студентов, которые используются в системе «высшая школа». Это традиционный метод, который предполагает ответ студента на вопросы экзаменационного билета, и метод тестирования, предполагающий ответы студента на множество вопросов, покрывающие весь учебный материал. Проиллюстрируем графически учебный материал, выносимый на экзамен (см. рис. 3.38). Здесь показано, что методом тестирования охватывается больше учебного материала, чем традиционным методом оценивания. Проанализируем эти методы с точки зрения выявления пространственных характеристик знаний экзаменуемого.

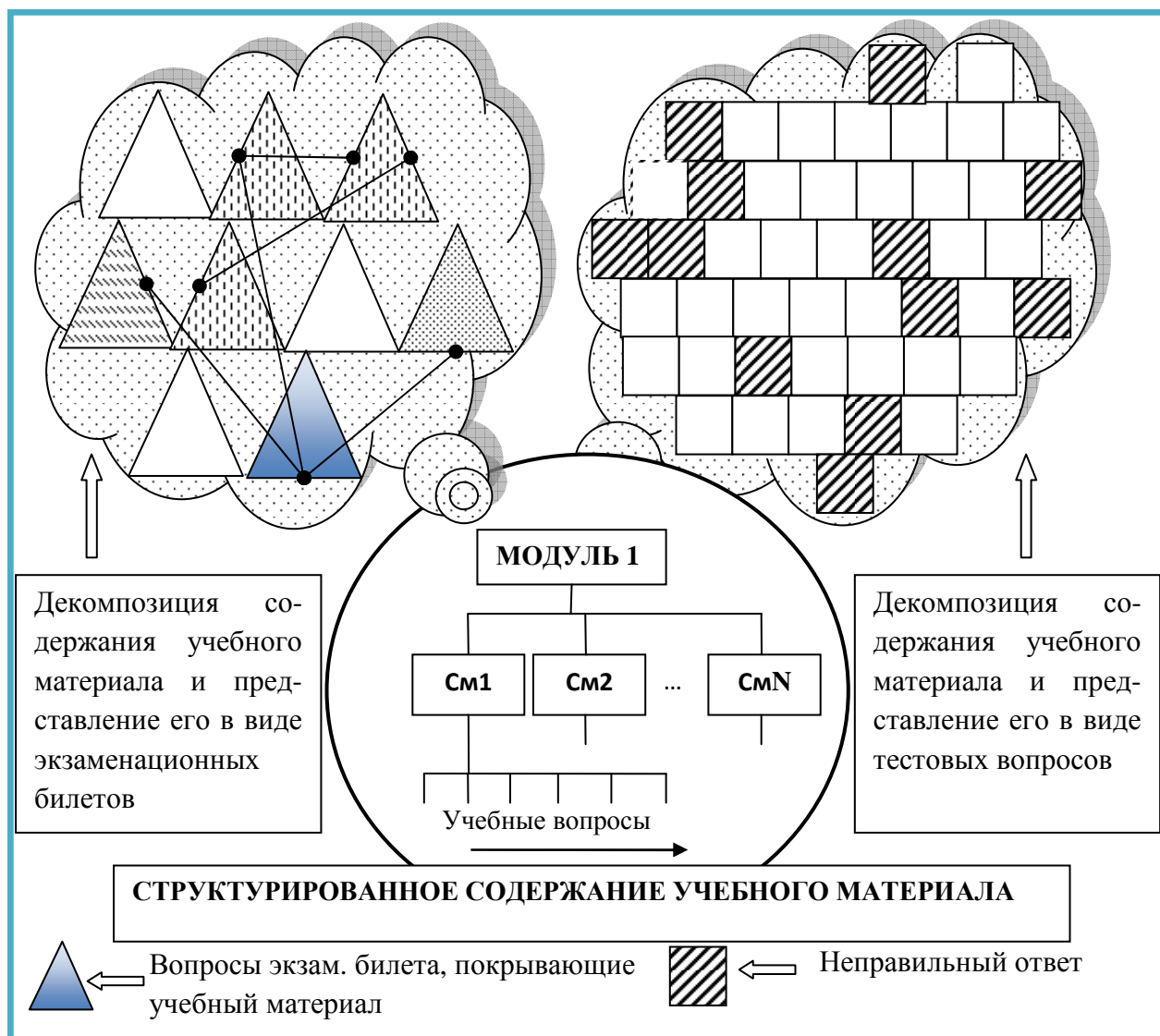


Рисунок 3.38 – Иллюстрация особенностей методов оценивания знаний студентов

На рисунке 3.38 показано, что учебный материал имеет сложную структуру, элементы которой связаны несколькими видами отношений. Во-первых, существуют иерархические отношения «общее – частное», «род – вид» (модуль – содержательный модуль (СмN); содержательный модуль – учебный вопрос). Во-вторых, существуют отношения строгого порядка изучения содержательных модулей и учебных вопросов (См1 → См2 → ... СмN). В-третьих, существуют лингвистические отношения типа гиперонимов, которые связывают между собой сущностные понятия «общее – частное». Кроме того, в текстах учебного материала имеются синонимические и омонимические отношения.

Метод тестирования не учитывает структурную сложность учебного материала и не позволяет оценить с высокой достоверностью степень усвоения содержательных знаний студентов на нейронном уровне системы обучения. Говоря языком геометрии, оценка в данном случае осуществляется на плоскости, и такой метод является малоинформативным.

В случае традиционного оценивания степени усвоения знаний оценка осуществляется на основе нескольких параметров, например, оценки знаний содержательной части учебного материала, оценки структурированности знаний студента, оценки формы изложения знаний студентом, оценки скорости мышления, оценки способности преобразования знаний в умения и т.д. Очевидно количество используемых преподавателем параметров в процессе оценивания знаний студентов, зависит от его собственных знаний, умений и навыков, в целом от его профессионализма.

Важным понятием фрактального анализа является понятие масштабируемости объектов, процессов или явлений, которое, по сути, и приводит к понятию дробных, а не целых пространств (одномерному, двумерному, трехмерному и n - мерному). Суть масштабирования заключается в укрупнении или детализации того или иного объекта. Эволюция педагогической мысли за многие века не изменила один из главных принципов педагогики обучение человека от общего к частному, дробя учебный материал на отдельные взаимосвязанные составляющие. Поэтому с уверенностью можно утверждать, что структура современного учебного плана представляет собой фрактал, в котором осуществляется масштабирование учебного материала. Единицей масштабирования является 1 кредит. В терминах фрактального анализа учебный план масштабируется на уровне блоков учебных дисциплин (гуманитарный, фундаментальный, профессиональный) затем на уровне полублоков (нормативные, выбираемые), а затем на уровне конкретных учебных дисциплин с заданными параметрами. На рисунке 3.39 показано соответствие «идеального» фрактала в виде треугольника Серпинского и фрактала, построенного на основе действующего учебного плана специальности «Геоинформационные системы и технологии».

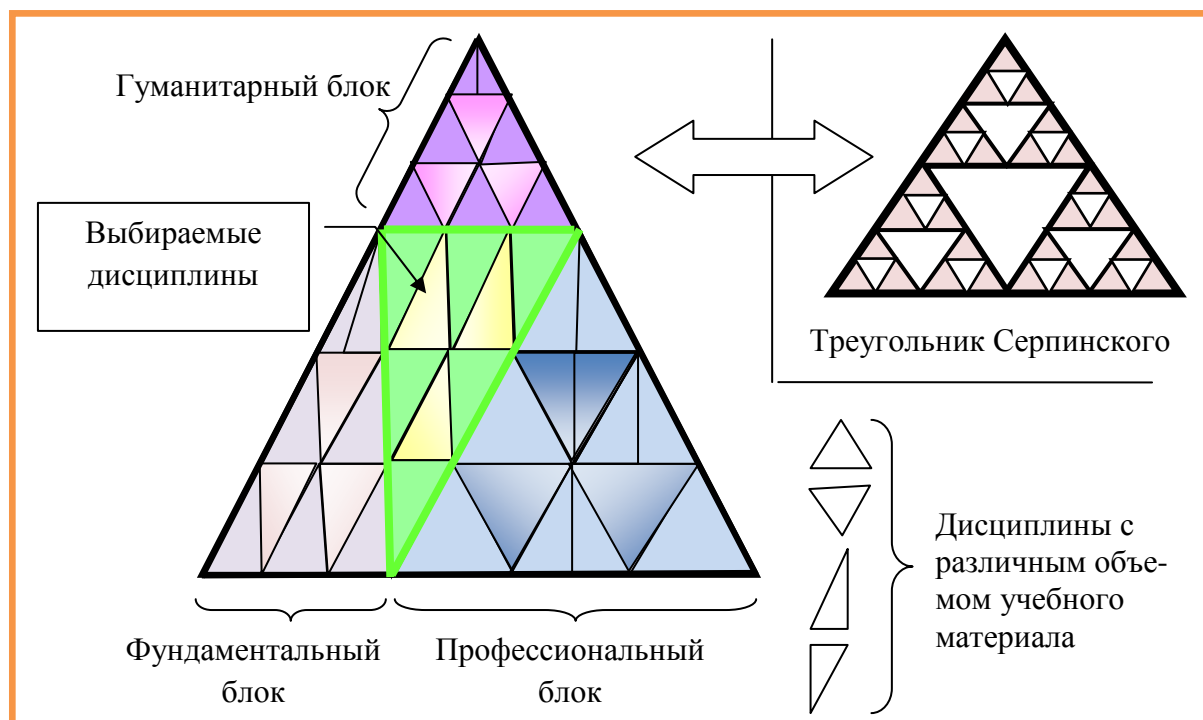


Рисунок 3.39 – Фрактальное представление учебного плана

Сравнительный анализ фрактала Серпинского с фракталом учебного плана показывает, что в нем строго не соблюдаются принципы подобия при масштабировании. На наш взгляд, это связано с многочисленными эвристиками, обусловленными предпочтениями лиц, участвующих в составлении учебного плана. Однако фрактальный анализ показывает, что при составлении учебных планов по новым специальностям можно учитывать фрактальность его структуры. Это позволит оценить структуру учебного плана на основе дробных фрактальных размерностей пространства Хаусторфа-Безиковича в границах множества оценок от 0 до 3. Сведения о размерности Хаусдорфа можно найти в работе [34].

Выводы. Подводя итоги сказанному можно утверждать следующее.

1. Использование системно-синергетического подхода в исследовании процессов и явлений в образовании и обучении позволяет по-новому, с системных позиций, взглянуть на методологические основы современной педагогики высшей школы.

2. Замена объекта исследований педагогики в рамках системно-синергетического подхода позволяет расширить границы педагогических исследований за счет комплексного изучения всех структур образовательной системы.

3. Системно-синергетический подход позволяет исследовать структуры образовательной системы и оценивать ее состояние в целом на основе соответствующих индексных макро- и микро-показателей. Таковую систему показателей необходимо разработать. Она должна быть чувствительна к демографическим, экономическим, социальным и другим факторам, влияющим на образовательную систему, как в целом, так и на отдельных ее уровнях.

4. Системно-синергетический подход позволяет целенаправленно исследовать связи и отношения в сложных структурах подсистем образовательной системы, в том числе учебные и научные коммуникации, связанные с устной и письменной речью. Кроме того, исследовать связи и отношения участников образовательного и воспитательного процесса с учетом использования информационно-коммуникационных средств, в том числе и сети Интернет.

5. Применение фрактального анализа как одного из методов синергетики к исследованию образовательных процессов и процессов обучения позволило представить учебные планы в виде фрактальных моделей и предложить на этой основе процедуру оценивания качества учебного плана.

6. Развитие методологических основ современной педагогики за счет использования методической базы системно-синергетического подхода позволит «вооружить» исследователей мощным инструментарием, основанным на законах природы, в частности на основе одного из важнейших принципов Великой дидактики Я. А. Коменского – природосообразности.

Таким образом, показан пример использования системно - синергетического подхода при исследовании образовательных систем.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Что имел в виду Гегель, когда сказал: «Противоречие, есть критерий истины, отсутствие противоречия – критерий заблуждения»? *
2. Какие атрибуты (признаки) позволяют проблемную ситуацию представлять абстрактной системой?
3. Какие виды проблем вы знаете? Приведите примеры глобальных проблем человечества.

4. Между какими явлениями или процессами существуют противоречия в современной образовательной системе «высшая школа Украины»? *
5. Какие проблемы порождает комплекс противоречий между явлениями и процессами внутри проблемной ситуации, связанной с их структурами? *
6. Что позволяет подойти к решению проблем и оценить их результаты?*
7. Перечислите основные этапы решения проблем и дайте им краткую характеристику.
8. Дайте определение термину «системный анализ» и перечислите его основные принципы.
9. Перечислите общенаучные методы системного анализа и дайте им краткую характеристику.
10. Информация и особенности ее проявления в сложных системах?
11. В чем вы видите особенности учебной информации?
12. Назовите свойства информации и дайте им краткую характеристику.
13. Какое свойство учебной информации является для студентов основным?
14. Особенности современных информационных систем. Дайте краткую характеристику этому классу сложных систем. Приведите примеры.
15. Вычислительные сети, как сложные системы. Приведите основные структуры вычислительных сетей.
16. Назовите основные подсистемы информационных систем, дайте им краткую характеристику.
17. Какие виды моделей сложных систем вы знаете, дайте им краткую характеристику.
18. Приведите примеры эволюционного развития сложных систем. Дайте краткую характеристику эволюционирующим системам и этапам их эволюции.
19. Что такое синергетический эффект и точка бифуркации сложной системы.
20. Назовите основные принципы системно-синергетического подхода в исследовании сложных систем.

Вопросы повышенной сложности помечены звездочкой (*). Ответы на них требуют дополнительной информации, которую можно найти в справочной литературе или в Интернете.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Отдельные иллюстрации, не использованные при
формировании учебного пособия



Иллюстрация к методу «Мозговая атака». Предложила Левченко А. Р.

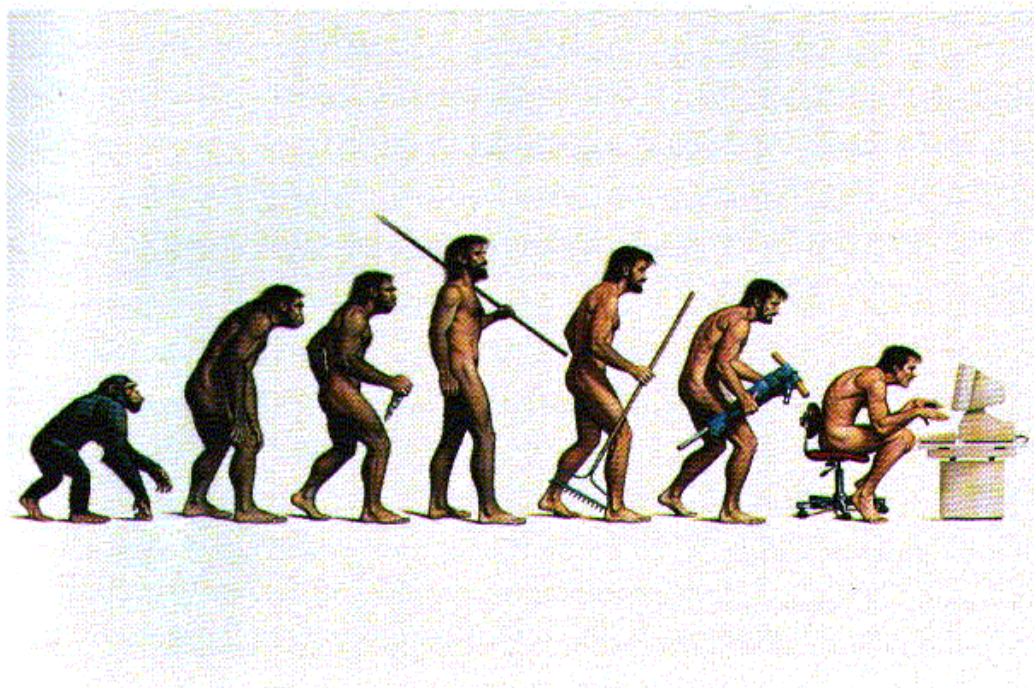


Иллюстрация процесса эволюции. Предложила Левченко А. Р.

ПЕРЕДАЧА ИНФОРМАЦИИ

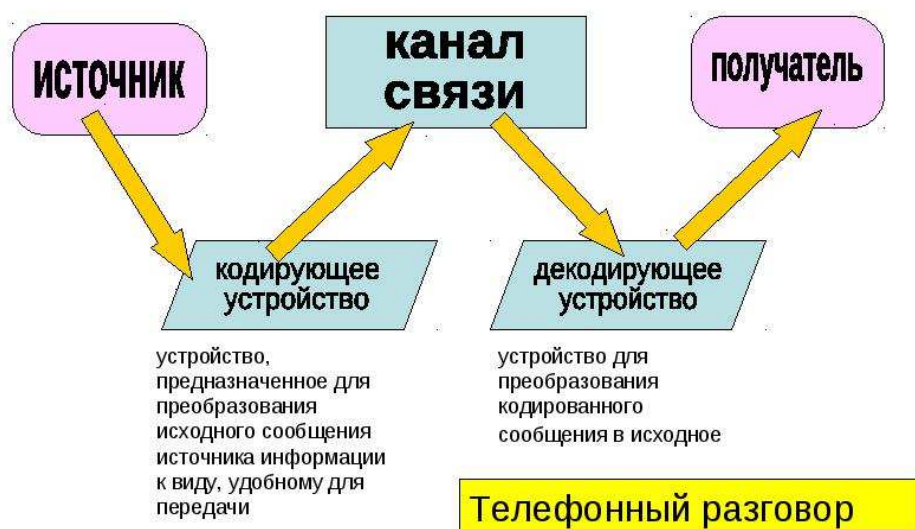


Иллюстрация процесса передачи информации. Предложила Левченко А. Р.



Иллюстрация экспериментальных методов И. Ньютона, описанных в его работе «Оптика». Предложила Левченко А. Р.

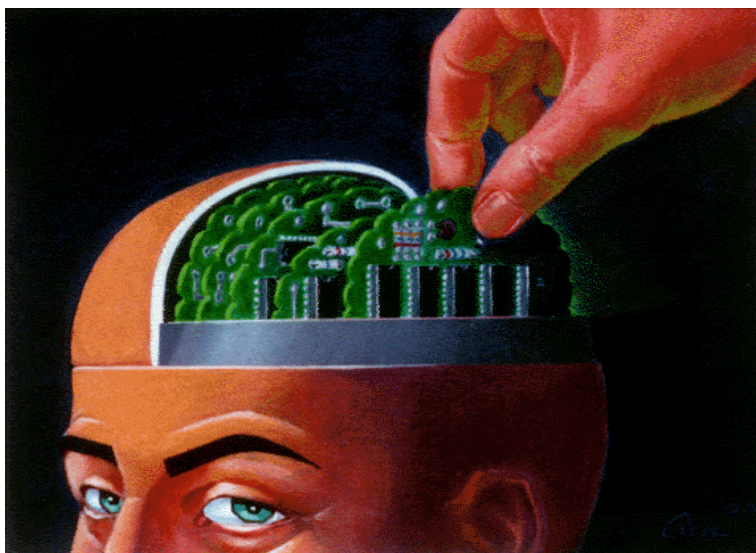


Иллюстрация человека как биологической интеллектуальной системы.
Предложила Левченко А. Р.



Иллюстрация иерархии методов познания. Предложила Рифаи Дианна

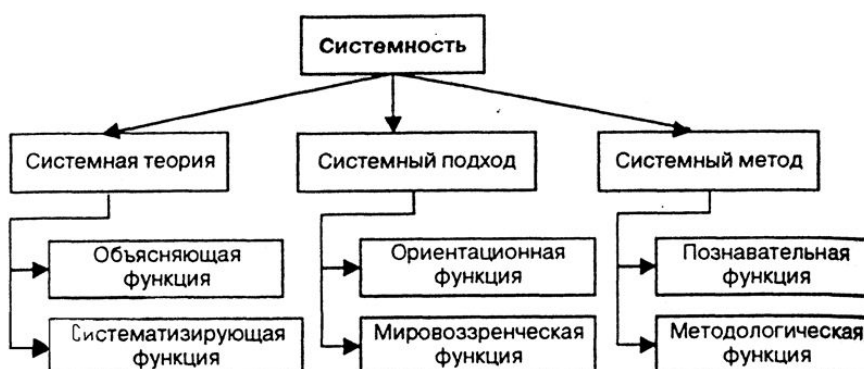


Иллюстрация понятия «Системность». Предложила Рифаи Дианна



Иллюстрация к понятию «Информационная система».
Предложила Рифаи Дианна



Иллюстрация к понятию «Сложная система». Предложила Рифаи Дианна

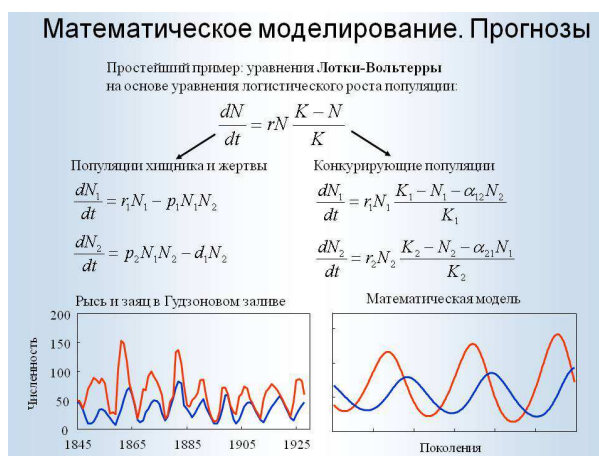


Иллюстрация к понятию «математическая модель».
Предложила Рифаи Дианна

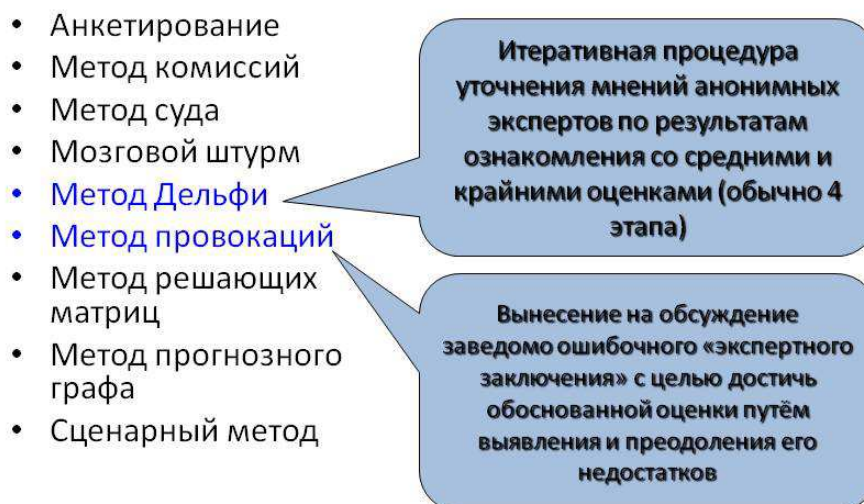


Иллюстрация к экспертным методам оценивания сложных систем.

Предложила Рифаи Дианна

Традиционные проблемы при внедрении муниципальных ГИС



Иллюстрация проблем, решаемых при внедрении муниципальных ГИС.

Предложила Рифаи Дианна

Хорошо структурированные проблемы

поддаются формализации и решаются с использованием математического аппарата, позволяющего получать количественные оценки, показывающие эффективность разрешения проблемной ситуации (методы элементарной математики (алгебры, геометрии и т.д.), теории вероятностей, математической статистики, интегрального и дифференциального исчисления и т.д.)

Слабоструктурированные проблемы

являются комбинированными, содержащие как количественные, так и качественные характеристики проблемных ситуаций, что обуславливает применение малоизвестных и разработку новых методов, обеспечивающих эффективное решение проблемы (методы вычислительной математики, так и математической логики в совокупности с методами мягких вычислений, предложенных Лотфи Заде)

Неструктурированные проблемы

описываются на содержательном уровне или с использованием методов метаматематики, которые имеют высокий уровень абстракций и обобщения (топологические методы, методы теории категорий и функторов, методы доказательств и т.д.; для решения неструктурированных проблем часто используются экспертные методы (Терстоуна, фон Неймана – Моргенштерна, Черчмена – Акофа и др.).

Предложение студента Конь Даниила по представлению текстовой информации в виде графического образа (схемы)

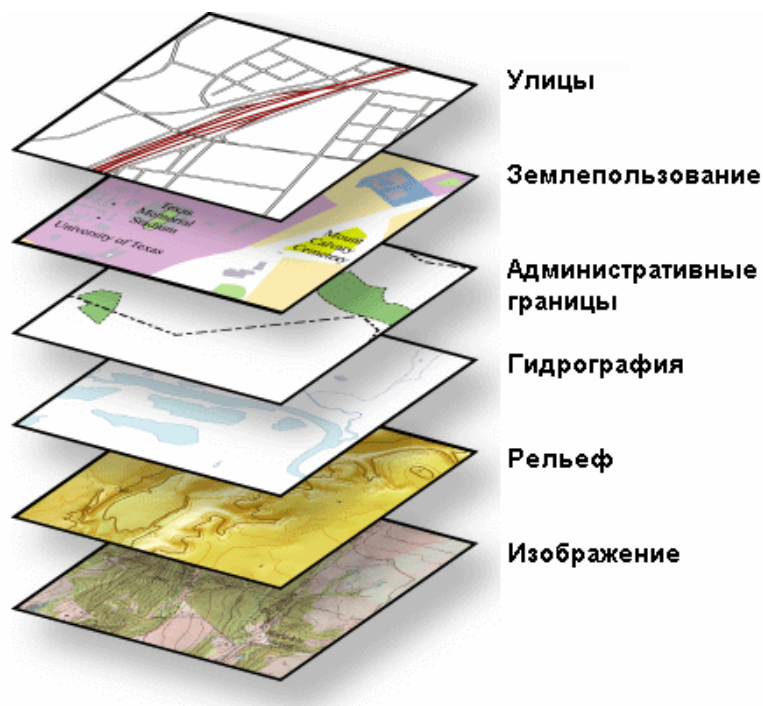
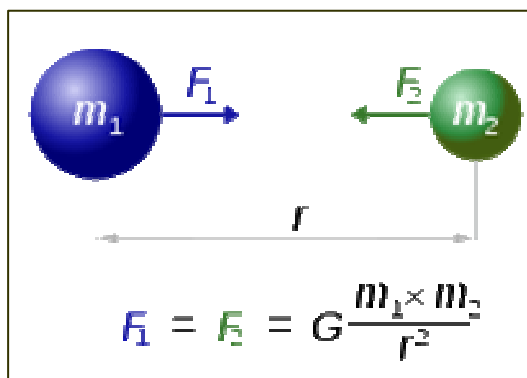


Иллюстрация принципа послойного формирования геоданных.

Предложил Конь Даниил



Иллюстрации открытий И. Ньютона. Предложил Конь Даниил

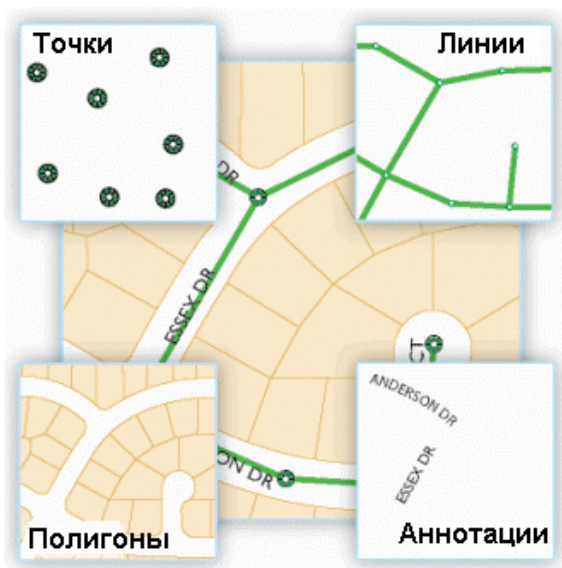


Иллюстрация представления картографической информации в виде множества отдельных понятий. Предложил Конь Даниил

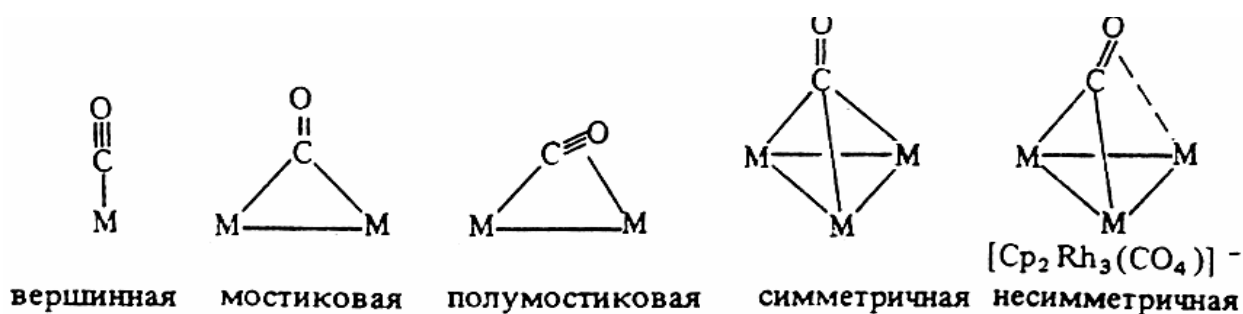


Иллюстрация формального представления химических систем.
Предложил Конь Даниил

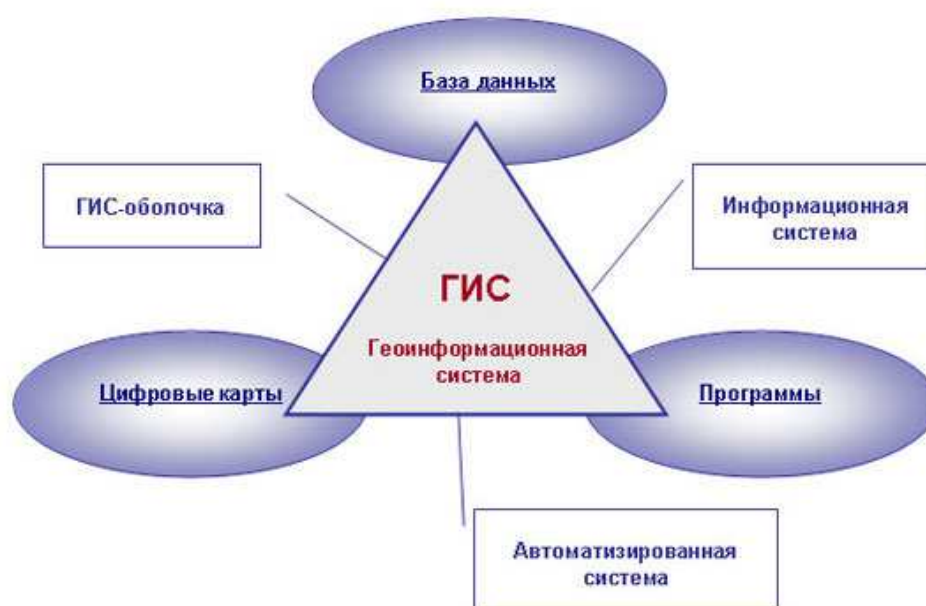


Иллюстрация обобщенной структуры геоинформационной системы.
Предложила Лилия Бриндак

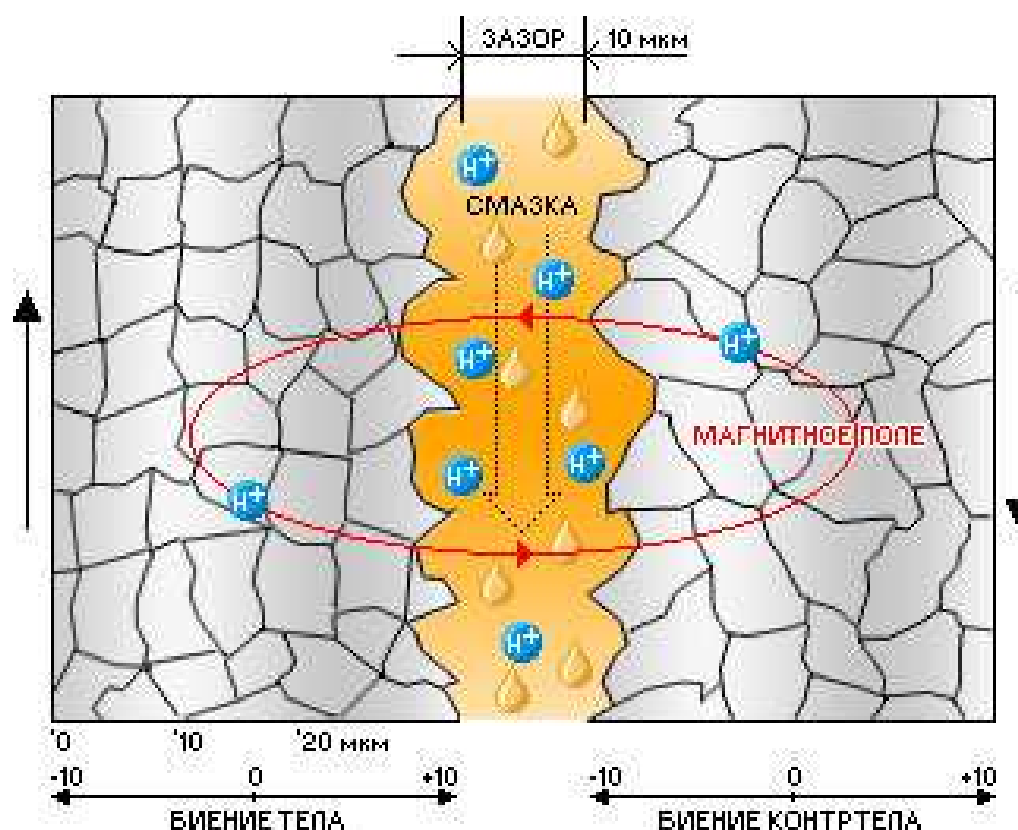
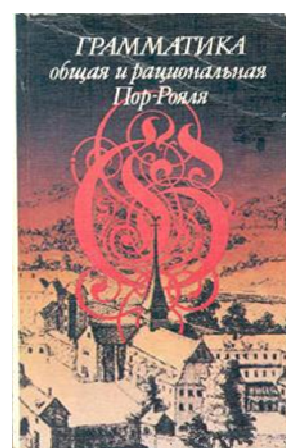
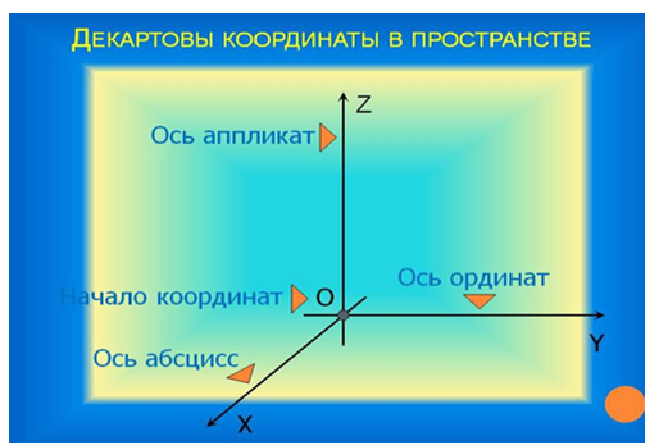
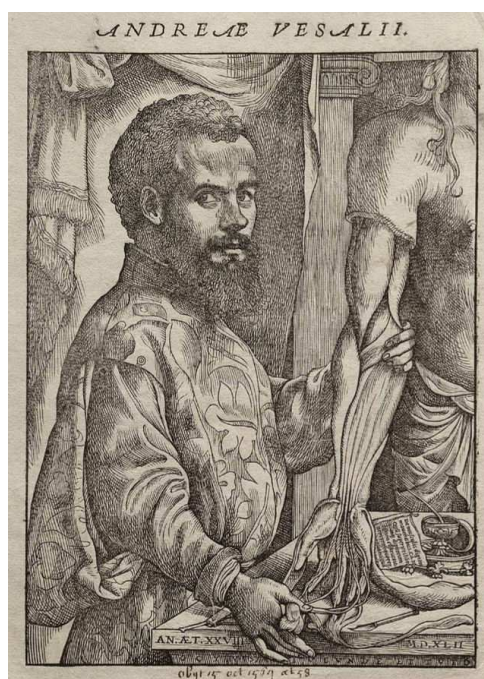


Иллюстрация к понятию «атомарный элемент».
Предложила Лилия Бриндак



Иллюстрации к подразделу 2.1
«Возникновение и развитие системных идей». Предложила Демура Мария



Иллюстрации к подразделу 2.1 «Возникновение и развитие системных идей». Системные идеи в медицине Андреаса Везалия (1514-1564 гг.).
Предложил Минасян Жан

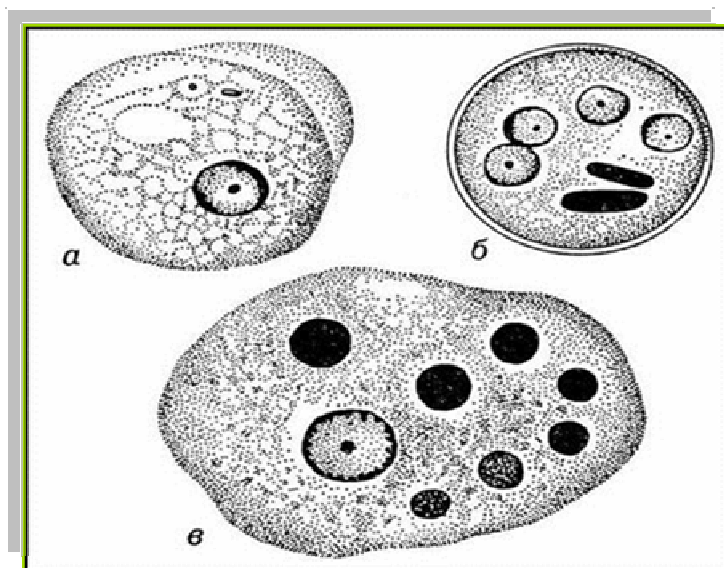
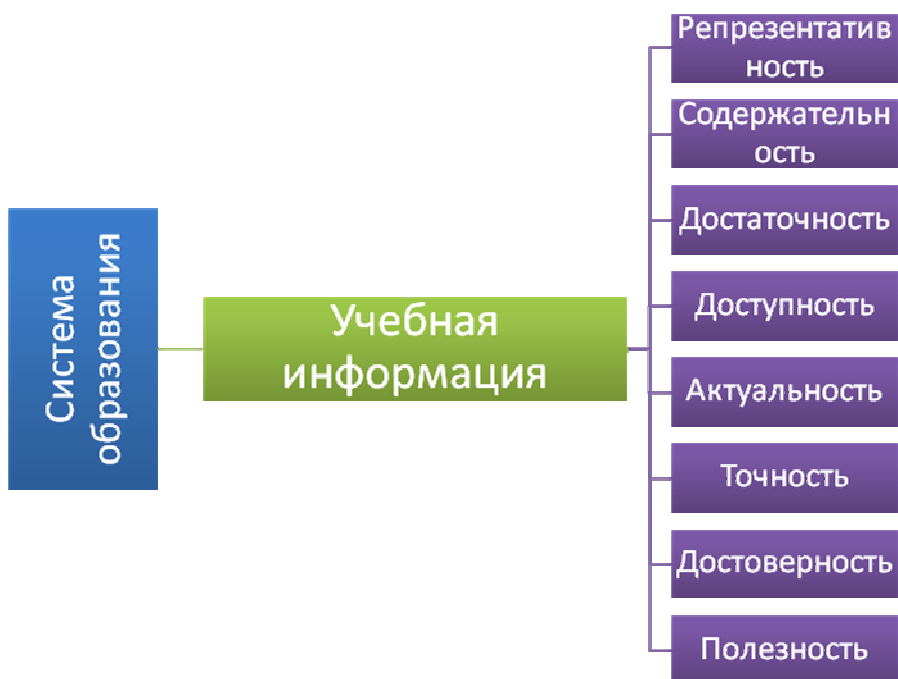
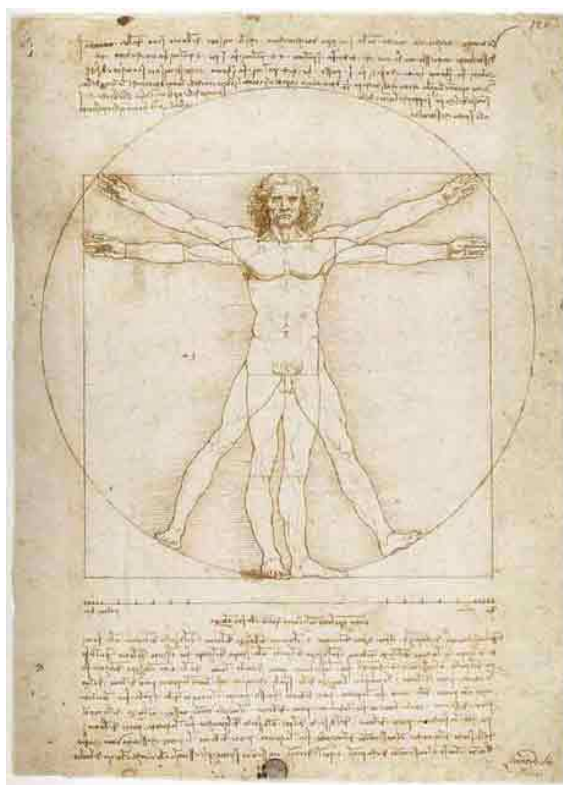


Иллюстрация применения математики в биологических системах.
Предложила Логачева Дарья



Представление текста о свойствах информации в виде схемы.
Предложила Логачева Дарья



Иллюстрации к подразделу 2.1 «Возникновение и развитие системных идей». Витрувианский человек Леонардо Да Винчи, как совершенная биологическая, пропорциональная система.

Предложила Ахмедова Рамида

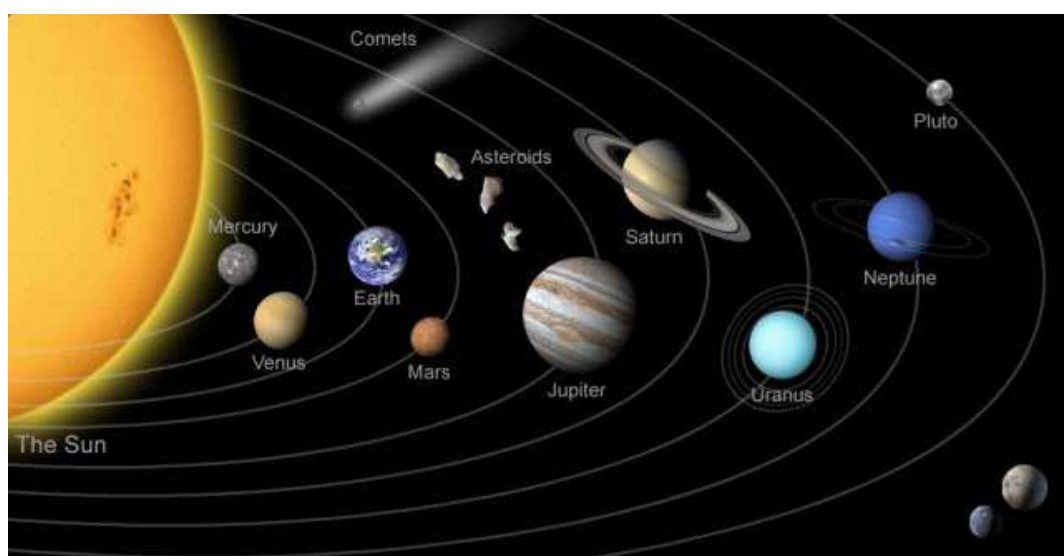


Иллюстрация к гипотезе И. Канта о происхождении Солнечной системы.

Предложила Ахмедова Рамида

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Цитаты выдающихся людей, предложенные студентами, текст которых не был использован при формировании учебного пособия

Предложила Левченко Анастасия

Не машины и не трактор уничтожили лошадь, а человек.

Герберт Саймон

Всего-то и нужно, что замечать детали и как они складываются в систему. Когда ты поймёшь всю систему, ты сможешь экстраполировать будущее.

Чак Паланик

Гений, есть терпение мысли, сосредоточенной в известном направлении.

И. Ньютон

Мне кажется, что про современный мир очень важно понять одну вещь: изобилие информации не гарантирует ее достоверности.

Ричард Гир

В буре и грозе родится Ноосфера, в уничтожении войн и голода впервые выразится проявление нашей Планеты как целого и будет первым проявлением перехода Биосферы в Ноосферу, в котором человечество станет мощной геологической силой, где сможет геологически проявиться его мысль, сознание, разум.

В. И. Вернадский

Кто не знает, в какую гавань он плывет, для того нет попутного ветра

Сенека

Не здраво рассудителен математик, ежели он хочет божескую волю вымерять циркулем. Таков же и богословия учитель, если он думает, что по псалтыре научиться можно астрономии или химии.»

М. В. Ломоносов

Предложила Рифаи Дианна

Знание о том, с какой стороны исходит проблема, – уже часть ее решения.

Арсен Шмат

Существует огромная разница между знанием и пониманием: вы можете много знать о чем-то, по-настоящему не понимая этого.

Чарльз Кеттеринг

Вы можете согласиться на роль обучаемого и принять новую информацию, или же вы можете почивать на лаврах собственной образованности и бесконечно повторять круги собственных успехов и ошибок.

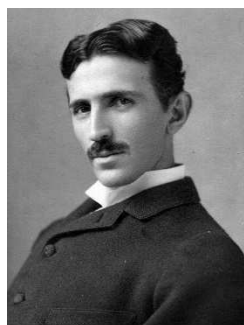
Даг Холл

Очень много людей неспособны обнаружить свои таланты: система расставляет свои приоритеты, она поощряет одни таланты и маргинализирует большинство других.

Кен Робинсон

Мир никогда еще не был так разобщен: всюду религиозные войны, геноцид, пренебрежение к окружающей среде, экономический кризис, нищета, отчаяние. И каждый ждет, что проблемы человечества и его собственные разрешатся сами собой. Но по мере того, как мы продвигаемся вперед, проблемы лишь усугубляются.

Пауло Коэльо



Наша вселенная – огромный океан энергии, по которому мы перемещаемся с невероятной скоростью. Только когда человечество научится извлекать эту энергию из пространства и правильно использовать ее, оно сделает огромный шаг вперед в собственном развитии.

Никола Тесло

Часто мы затрудняемся найти решение, поскольку подсознательно ограничиваемся территорией рисунка. Однако нигде не сказано, что нельзя выходить за его пределы. Вывод: чтобы понять систему, необходимо выйти из неё.

Бернар Вербер

Предложил Конь Даниил

Полезно помнить старую кантовскую максиму, что опыт без теории слеп, но теория без опыта есть просто интеллектуальная игра.

Л. фон Берталанфи

Предложила Демура Мария

В этих условиях я был вынужден стать защитником, так называемой организмической точки зрения. Суть этой концепции можно выразить в одном предложении следующим образом: организмы суть организованные явления, и мы, биологи, должны проанализировать их в этом аспекте. ... Одним из результатов, полученных мною, оказалась так называемая теория открытых систем и состояний подвижного равновесия, которая, по существу, является расширением обычной физической химии, кинетики и термодинамики. Оказалось, однако, что я не смог остановиться на однажды избранном пути и был вынужден прийти к ещё большей генерализации, которую я назвал общей теорией систем. Эта идея относится к весьма давнему времени — я выдвинул её впервые в 1937 году на семинаре по философии, проходившем под руководством Чарлза Морриса в Чикагском университете. Но в то время теоретическое знание, как таковое, пользовалось плохой репутацией в биологии, и я опасался того, что математик Гаусс однажды называл «крикливостью, или Voeotians». Поэтому я спрятал свои наброски в ящик стола, и только после войны впервые появились мои публикации по этой теме».

Карл Людвиг фон Берталанфи

Предложил Минасян Жан

Информация представляет собой всеобщее свойство взаимодействия материального мира, определяющее направленность движение энергии и вещества.

Норберт Винер

Предложила Логачева Дарья

Управлять – значит вести организацию к ее цели извлекая максимальные возможности из всех имеющихся в ее распоряжении ресурсы.

А. Файоль

Предложила Ахмедова Рамида

Книга природы написана на языке математики.

Галилео Галилей

Во всякой науке столько истины, сколько в ней математики.

И. Кант

Математика - основа всего точного естествознания.

Давид Гильберт

Пусть не читает меня в основах моих тот, кто не математик.

Леонардо Да Винчи

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Конкурсные дизайнерские работы по оформлению обложки учебного пособия



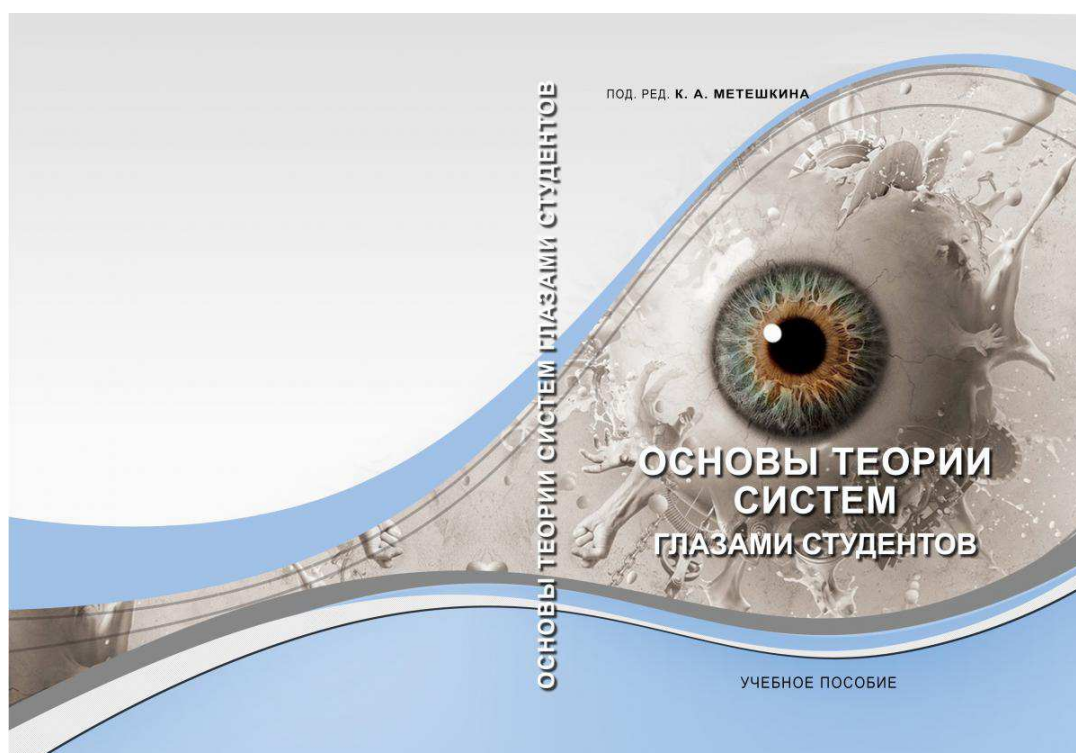
Конкурсная работа старшего преподавателя Шаульского Д. В.



Конкурсная работа студентки 2-го курса Левченко А. Р.



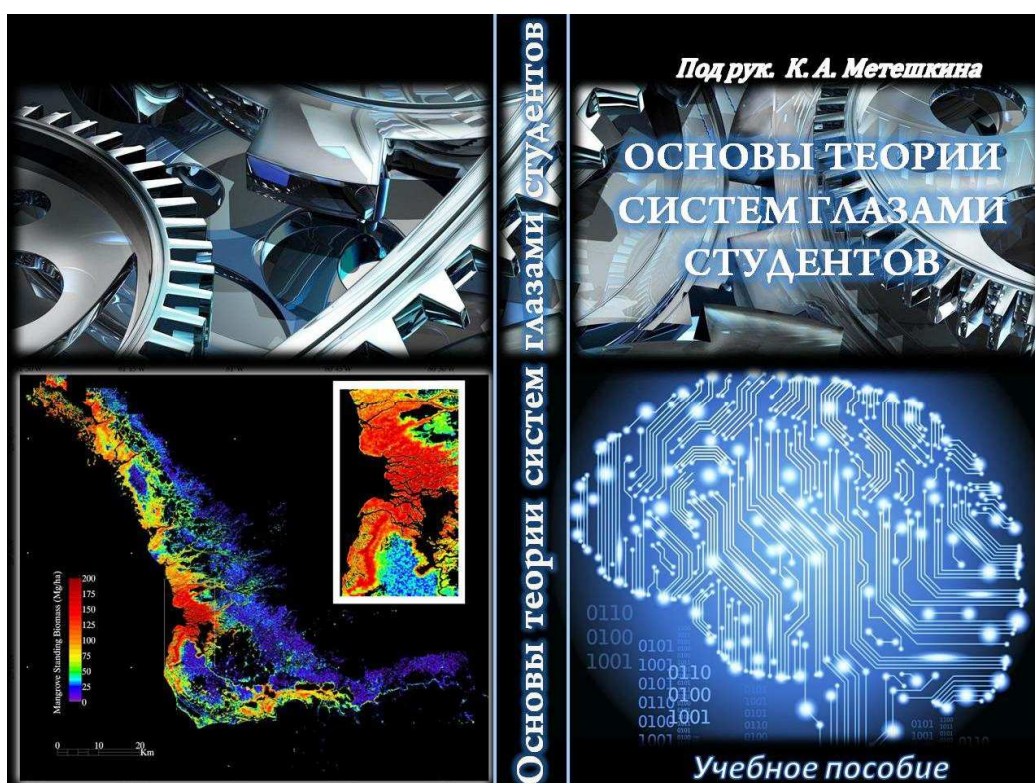
Конкурсная работа студентки 3-го курса Тесленко Е. В. (Вариант 1)



Конкурсная работа студентки 3-го курса Тесленко Е. В. (Вариант 2)



Конкурсная работа студента 2-го курса Конь Д. А. (Вариант 1)



Конкурсная работа студента 2-го курса Конь Д. А. (Вариант 2)

Дополнительные источники информации

1. Метешкин, К.А. Краеугольные камни пирамиды знаний научно-педагогических и педагогических работников. XXI век [Текст]: учебник / К. А. Метешкин. – Харьк. нац. акад. гор. хоз-ва. – Х.: ХНАГХ, 2012. – 335 с.
2. Богданов, Александр Александрович [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/>. 17.10.13 г. Заголовок с экрана.
3. Карл Людвиг фон Берталанфи. Общая теория систем [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://bourabai.kz/dm/system.htm#11>. 19.10.13 г. Заголовок с экрана.
4. Винер, Н. Кибернетика, или Управление и связь в животном и машине [Текст] / Н. Винер. – М.: Советское радио. – 1958. – 264 с.
5. Ян Амос Коменский Великая дидактика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://jorigami.ru/PP_corner/Classics/Komensky/. 28.10.13 г. Заголовок с экрана.
6. ПСИХОЛОГОС. Энциклопедия практического психолога. Педагогическая система А.С. Макаренко [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.psychologos.ru/articles/view/pedagogicheskaya_sistema_a.s.makarenko. 29.10.13 г. – Заголовок с экрана.
7. К. Маркс Заработная плата, цена и прибыль, М., Политиздат, 1983, стр. 48
8. Большая Советская Энциклопедия. – М.: Советская энциклопедия, 1978.
9. Сорока, К.О. Основи теорії систем і системного аналізу: [Текст] навч. посібник / К.О. Сорока. – Х.: Тимченко, 2005. – 288 с.
10. Ожегов, С.И. Словарь русского языка / под ред. док. филол. наук, проф. Н.Ю. Шведовой. – М.: Рус.яз., 1984. – 797 с.
11. *Bosman, Julie*. After 244 Years, Encyclopaedia Britannica Stops the Presses *New York Times* (13 March 2012).
12. Вернадский, Владимир Иванович [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/>. 12.11.13 г. – Заголовок с экрана.
13. Единство [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/>. 15.11.13 г. – Заголовок с экрана.

14. Метешкин, К. А. Основы организации функционирования и перспективы развития системы «высшая школа Украины» [Текст] монография / К. А. Метешкин; Харьк. нац. акад. город. хоз-ва. – Х.: ХНАГХ, 2010. – 309 с.
15. Метешкин, К. А. Кибернетическая педагогика: теоретические основы управления образованием на базе интегрированного интеллекта [Текст] монография / К. А. Метешкин; Международный славянский университет. Х.: 2004. – 400 с.
16. Метешкин, К. А. Кибернетическая педагогика: лингвистические технологии в системах с интегрированным интеллектом. Харьков [Текст] монография / К. А. Метешкин. Международный славянский университет. Х.: 2006. – 238 с.
17. Кибернетическая педагогика: онтологический инжиниринг в обучении и образовании [Текст]: монография / К. А. Метешкин, О. И. Морозова, Л. А. Федорченко, Н. Ф. Хайрова. – Х.: ХНАГХ, 2012. – 208 с.
18. Кузнецов, О.П. Дискретная математика для инженеров [Текст] / О.П. Кузнецов, Г.М. Адельсон-Вельский. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 480 с.
19. Проблема. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org> 18.11.13 г. – Заголовок с экрана.
20. Newell, A., and Simon, H. A. (1972) Human problem solving Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
21. Zadeh, Lotfi A., «Fuzzy Logic, Neural Networks, and Soft Computing», Communications of the ACM, March 1994, Vol. 37 No. 3, pages 77-84.
22. Системный подход. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org>. 11.12.13 г. – Заголовок с экрана.
23. Лотман, Ю. М. Люди и знаки. / В кн. Лотман Ю. М. Семиосфера. СПб.: Искусство-СПБ, 2010. – С. 6.
24. Корпусна лінгвістика [Текст]: монографія / В.А. Широков, О. В. Бугаков, Т. О. Грязнухіна та ін. – К.: Довіра, 2005. – 471 с.
25. Яршек, В. Е. Теоретические основы автоматизации процессов выработки решений в системах управления [Текст]: уч. Пособие / В. Е. Яршек, В.П. Прохоров, Б. Н. Судаков, А. В. Мишин. – Х.: ХВУ, 1993. – 446 с.
26. Александрян, Р. А. Общая топология [Текст]: уч. пособие / Р. А. Александрян, Э. А. Мирзахаян. – М.: Высш. школа, 1979. – 336 с.

27. Борисович, Ю. Г. Введение в топологию [Текст]: уч. пособие / Ю. Г. Борисович, Н. М. Близняков, Я. А. Израилович, Т. Н. Фоменко. – М.: Наука. Физматлит, 1995. – 416 с.
28. Курош А. Г. Теория групп / А. Г. Курош. – М.: Наука, Физ-мат литературы, 1967. – 647 с.
29. Подоляк, Л. Г. Психологія вищої школи [Текст]. Навчальний посібник для магістрів і аспірантів / Л. Г. Подоляк, В. І. Юрченко. К.: ТОВ «Філ-студія», 2006. – 320 с.
30. Фіцула, М.М. Педагогіка [Текст]. Навчальний посібник / М. М. Фіцула. – К.: Академвидав, 2007. – 560 с.
31. Методика определения рейтингов университетов Украины «Топ-200 Украина». [Електронний ресурс]. – 2010. – Режим доступу: /<http://hs.dp.ua/forums/showthread.php>. – Заголовок з екрану.
32. Статистична форма "Показники діяльності вищого навчального закладу III-IV рівнів акредитації. [Електронний ресурс]. – 2010. – Режим доступу: "[http:// www.mon.gov.ua/main.php?query=education /higher /topic/stat](http://www.mon.gov.ua/main.php?query=education/higher/topic/stat). – Заголовок з екрану.
33. *Комарцова, Л. Г.* Нейрокомпьютеры [Текст]. Учеб. пособие для вузов / Л. Г. Комарцова, А. В. Максимов. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. – 320 с.
34. Размерность Хаусдорфа – Википедия. – 2010. – Режим доступу: <http://ru.wikipedia.org/wiki> – Заголовок з екрану.

Навчальне видання

**ОСНОВИ ТЕОРІЇ СИСТЕМ
ІННОВАЦІЙНА АВТОРСЬКА ТЕХНОЛОГІЯ НАВЧАННЯ
«ПАРТНЕРСТВО»**

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

(рос. мовою)

Відповідальний за випуск *К. О. Метешкін*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

Дизайн обкладинки: *Д. О. Конь, А. Р. Левченко,
Г. А. Коровкина*

Підп. до друку 08.09.2015

Друк на різнографі

Зам. №

Формат 60×84/16

Ум. друк. арк. 14,0

Тираж 60 пр.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 4705 від 28.03.2014 р.